Hortaliças-fruto

José Usan Torres Brandão Filho
Paulo Sérgio Lourenço de Freitas
Luís Otávio Saggion Berian
Rumy Goto
Organizadores

Hortaliças-fruto

José Usan Torres Brandão Filho
Paulo Sérgio Lourenço de Freitas
Luís Otávio Saggion Berian
Rumy Goto
Organizadores

Hortaliças-fruto

Prefácio
Chukichi Kurozawa

Eduem
Maringá
2018

Revisão textual e gramatical: Jacqueline Ortelan Maia Botassini
Normalização textual e de referências: Marinalva Aparecida Spolon Almeida (CRB 9-1094)
Projeto gráfico e diagramação: Marcos Kazuyoshi Sassaka
Imagens: fornecidas pelos autores
Capa – imagens: fornecidas pelos organizadores
Capa – arte final: Marcos Kazuyoshi Sassaka
Fonte: Dutch811 BT
Tiragem (versão impressa): 500 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Eduem - UEM, Maringá – PR., Brasil)

E24 Hortaliças-fruto / José Usan Torres Brandão Filho, Paulo Sérgio Lourenço de Freitas, Luís Otávio Saggion Berian, Rumy Goto(organizadores); prefácio Chukichi Kurozawa. -- Maringá : Eduem, 2018. 535 p. : il.

ISBN 978-85-7628-754-4

1. Olericultura. 2. Hortaliças - Cultivo protegido. 3. Hortaliças - Pós-colheita. 4. Curcubitáceas. 5. Solanáceas. 6. Fitossanidade. 7. Nutrição de plantas. I. Brandão Filho, José Usan Torres, org. II. Freitas, Paulo Sérgio Lourenço de, org. III. Berian, Luís Otávio Saggion, org. IV. Goto, Rumy, org. V. Kurozawa, Chukichi, pref. VI. Título.

CDD 21.ed. 635

Marinalva Aparecida Spolon Almeida (CRB 9-1094)

Editora filiada à

Eduem - Editora da Universidade Estadual de Maringá
Av. Colombo, 5790 - Bloco 40 - Campus Universitário - 87020-900 - Maringá-Paraná
Fone: (44) 3011-4103
www.eduem.uem.br - eduem@uem.br

SUMÁRIO

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 6

CAPÍTULO 7

CAPÍTULO 8

CAPÍTULO 9

CAPÍTULO 15

PREFÁCIO

Com o crescente aumento das exigências do mercado na qualidade das hortaliças e com maior produtividade para viabilizar a sua competitividade, é imprescindível que técnicos e produtores acompanhem e adotem novas tecnologias disponíveis nas suas atividades de produção. Para atender essas necessidades, os autores deste livro sobre 'hortaliças-fruto' (tomate, pimentão, abóbora, melancia, melão, pepino, feijão-vagem e ervilha) se empenharam em apresentar, de maneira clara e objetiva, todos os fatores que envolvem a cadeia de produção dessas hortaliças. Participam na concretização dessa obra, professores e pesquisadores de universidades e pesquisadores de várias instituições de pesquisa dos estados do Paraná e de São Paulo com longa experiência e conhecimentos científicos. Este livro, portanto, tem por objetivo atender todos aqueles que desejam aperfeiçoar, aplicar e ampliar conhecimentos na produção, de forma racional e sustentável, e na comercialização de hortaliças. Essa obra é apresentada de forma didática, cada tema separado em capítulos, na seguinte sequência: 1) Hortaliças-fruto: aspectos gerais e uma estimativa da produção científica; 2) Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral; 3) Manejo de água; 4) Doenças bacterianas; 5) Viroses; 6) Doenças fúngicas; 7) Nematoides; 8) Interferência das plantas daninhas nas plantas cultivadas; 9) Principais pragas de hortaliças-fruto nas famílias das Solanáceas, Cucurbitáceas e Fabáceas; 10) Produção de mudas de tomateiro, de pimenteiro e de pepineiro; 11) Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas; 12) Cultivo protegido; 13) Pós-colheita e comercialização.

Aos autores, meus cumprimentos por essa valiosa contribuição para o desenvolvimento da cadeia produtiva dessas hortaliças-fruto, consideradas entre as mais importantes da área de olericultura.

Chukichi Kurozawa,

Professor Titular aposentado.

Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Campus de Botucatu.

As hortaliças são o segmento agrícola de maior crescimento nos últimos anos, tanto em consumo quanto em área produzida; somado a isso, a preocupação com qualidade de vida e segurança alimentar tem levado a população brasileira a aumentar o consumo desses vegetais. Nesse contexto, no ano de 2016, dez professores de diversas áreas do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM) idealizaram um projeto com a finalidade de auxiliar pequenos e médios produtores da região de abrangência da UEM. Deste projeto, intitulado 'Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural de Horticultura', surgiu o grupo Estudos Avançados em Horticultura. Esse grupo de estudos realiza várias ações com finalidade de desenvolver e de implementar a horticultura na região noroeste do Paraná, ao mesmo tempo em que propicia estudo e treinamento aos participantes. Dentre essas ações, surge a iniciativa da elaboração de um livro, com o objetivo de realizar um encerramento do projeto e contribuir para o desenvolvimento científico na área de Olericultura.

A obra intitulada *Hortaliças-fruto* contou com a participação expressiva da comunidade científica, que aborda tópicos gerais e específicos, conforme sua especialização. Foi elaborada por uma equipe de 40 autores, dentre pesquisadores e professores de 10 instituições de ensino e pesquisa do país, e descreve, de forma clara e detalhada, o que há de mais recente na área. Dentre os beneficiados com a obra estão estudantes, professores, produtores rurais e demais profissionais de diversas áreas que contemplam o estudo da olericultura e demais áreas relacionadas.

Dividido em 15 capítulos, este livro busca abordar a produção de hortaliças desde o plantio à comercialização. No seu primeiro capítulo intitulado 'Hortaliças-fruto: aspectos gerais e uma estimativa da produção científica', objetivou-se abordar a importância da olericultura e sua divisão como hortaliças-fruto, além de ter-se realizado um levantamento dos diferentes segmentos que abrangem a área com os mais elevados índices de publicação.

No capítulo 2, 'Solanáceas', enfatizaram-se as culturas do tomate e do pimentão, com descrição da origem, características gerais das plantas e sistema de cultivo. No terceiro capítulo, 'Cucurbitáceas e Fabáceas' foram apresentadas informações sobre o cultivo de algumas espécies representantes dessas famílias, com destaque para pepino, melancia, melão, abóbora, feijão-vagem e ervilha-torta, além de abordar uma espécie pertencente à família Rosaceae, mas de grande importância para a olericultura, que é o morango.

O capítulo 4, 'Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral', teve como objetivo abordar, de forma sucinta, os principais aspectos envolvidos para o conhecimento do solo, dos fertilizantes e da nutrição mineral para o bom desenvolvimento de hortaliças-fruto de forma geral. Outro fator que contribui para o bom desenvolvimento das plantas foi tratado no capítulo 5, 'Manejo de água', que destaca a água como o principal elemento carreador de nutrientes para as plantas, com promoção do incremento da produtividade, e que discute que o uso indevido e desqualificado da irrigação pode acarretar muitos danos, como contaminação da fonte, salinização do solo e perda de qualidade final das hortaliças-fruto.

Os capítulos de 6 a 9 versam sobre os fitopatógenos que afetam as hortaliças-fruto, respectivamente, 'Doenças bacterianas', 'Viroses', 'Doenças fúngicas' e 'Nematoides'. São discutidas as principais espécies causadoras de doenças nas hortaliças-fruto e apresentados seus sintomas, etiologia, epidemiologia e medidas de controle.

Outros fatores que interferem no desenvolvimento e na produtividade das hortaliças-fruto são apresentados nos capítulos 10, 'Interferência das plantas daninhas nas plantas cultivadas', e 11, 'Principais pragas de hortaliças-fruto nas famílias das Solanáceas, Cucurbitáceas e Fabáceas'. No capítulo 10, faz-se referência às principais plantas daninhas que causam danos e prejuízos às hortaliças-fruto, sua influência sobre as culturas, bem como as respectivas medidas de controle.

No capítulo 11, inicialmente, são descritas as principais pragas polífagas as culturas do tomate (representando as Solanáceas), do pepino e do melão (representando as Cucurbitáceas) e do feijão-de-vagem (tipificando as Fabáceas) e que apresentam grande importância devido aos danos diretos e indiretos que causam; posteriormente,apresentam-se as pragas de importância econômica de cada família especificamente.

A 'Produção de mudas de tomateiro, de pimenteiro e de pepineiro' é apresentada no capítulo 12, que aborda algumas informações específicas das principais famílias das hortaliças-fruto, com foco especificamente voltado ao crescimento fenológico e às características fisiológicas para cada espécie dessas famílias.

No capítulo 13, 'Tecnologia de aplicação', são apresentados os principais fatores que afetam a aplicação de defensivos agrícolas e a inter-relação entre eles. A ênfase é para a utilização dos conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas.

O capítulo 14, 'Cultivo protegido', traz um breve histórico a respeito do assunto, além de informações detalhadas sobre a construção, o planejamento e o microclima no ambiente protegido.

O último capítulo, 'Pós-colheita e comercialização', trata da etapa final da cadeia produtiva das hortaliças-fruto e enfatiza questões relacionadas à fisiologia, ao manuseio, às perdas pós-colheita, ao beneficiamento, às embalagens para transporte e para agregação de valor ao produto. São abordados os canais de comercialização mais utilizados para as hortaliças-fruto e como realizar a apuração de resultados da comercialização.

A obra *Hortaliças-fruto* representa uma valiosa contribuição para seu público-alvo. Com a elaboração desta obra, espera-se atender à demanda por mais informações na tão importante área da Agronomia que é a Olericultura, com uma abordagem simplificada e abrangente a respeito das principais hortaliças-fruto de interesse econômico no Brasil e dos fatores que influenciam seu sistema de produção.

Hortaliças-fruto: aspectos gerais e uma estimativa da produção científica

Osnil Alves Camargo Junior, José Usan Torres Brandão Filho, Humberto Silva Santos e
Paulo Sérgio Lourenço de Freitas

1 Introdução

Uma das prioridades da Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN), nos dias de hoje está no aumento do consumo de hortaliças, pois isso está relacionado à prevenção e ao controle de vários tipos de enfermidades. Além disso, as hortaliças têm se mostrado de grande importância econômica e social no desenvolvimento nacional, contribuindo com o agronegócio para o aumento do PIB brasileiro.

Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação), estima-se que 89 milhões de hectares no mundo são destinados ao cultivo de hortaliças, produzindo cerca de 1,4 toneladas de frutos, folhas, inflorescência, raízes, tubérculos e rizomas. Um relatório apresentado em 2017 referente a 2016 pelo Ministério da Agricultura destaca que a área cultivada no Brasil foi de aproximadamente 837 mil hectares, e o volume de produção ficou em torno de 63 milhões de toneladas.

A olericultura é um ramo da agronomia muito abrangente, visto que considera a cadeia produtiva de várias e diferentes espécies vegetais; por isso, é muito importante didaticamente que seja realizada uma subdivisão da mesma. As partes utilizadas na alimentação humana já há algum tempo servem como parâmetro para que seja realizada a junção dessas espécies em um mesmo grupo (não necessariamente grupos taxonômicos). Nessa subdivisão, temos as hortaliças tuberosas ou subterrâneas, cujas partes de interesse se desenvolvem abaixo da superfície do solo, podendo ser tubérculos [batata (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) e cará (*Dioscorea alata*)], bulbos [alho (*Allium sativum*) e cebola (*Allium cepa*)], rizomas [inhame (*Colocasia esculenta*)] e as raízes tuberosas [mandioca(*Manihot esculenta*), batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza*), cenoura (*Daucus carota*), batata-doce (*Ipomoea batatas*) e beterraba (*Beta vulgaris*)]; hortaliças herbáceas e folhosas, cujas partes de consumo estão acima da superfície do solo e apresentam características como suculência e maciez, por exemplo: alface (*Lactuca sativa*), taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*), espinafre (*Spinacia oleracea*), aipo (*Apium graveolens* var. *dulce*), aspargo (*Asparagus officinalis*), brócolos (*Brassica oleracea* var. *italica*), couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), alcachofra (*Cynara scolymus*) e outras; e as hortaliças-fruto (as quais serão alvo de nossa discussão), aquelas cujo fruto verde ou maduro são de interesse, ou seja, abóboras (*Cucurbita* ssp.), pepino (*Cucumis sativus*), melão (*Cucumis melo*), melancia (*Citrullus lanatus*), pimentão(*Capsicum annuum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), jiló (*Solanum gilo*), quiabo (*Abelmoschus esculentos*), berinjela (*Solanum melongena*), ervilha (*Pisum sativum*), feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*), morango (*Fragaria ananassa*) e outras.

Do ponto de vista econômico, as hortaliças-fruto apresentam extrema relevância no cenário nacional, dados recentes comprovam isso (Tabela 1).

A partir dessas informações, pode ser observado que algumas culturas apresentaram maior flutuação de volume comercializado durante os últimos anos, o que pode ser explicado, generalizadamente, por questões ambientais durante o período produtivo, como chuva em excesso, pragas e doenças, altas ou baixas temperaturas, ou por questões políticas, como imprevistos em exportações e ou importações.

Tabela 1 - Volume comercializado em toneladas de algumas hortaliças-fruto

	Abóbora	Berinjela	Melancia	Melão	Morango	Pepino	Pimentão	Tomate
2013	48.418	31.460	113.198	80.152	8.461	55.470	50.886	310.296
2014	46.996	32.065	120.755	77.806	6.888	56.857	49.567	320.367
2015	43.178	31.727	107.467	80.615	5.427	56.094	49.689	314.997
2016	39.897	31.856	110.310	77.378	4.531	54.981	47.151	289.919
2017	25.856	18.294	65.938	40.232	2.467	30.331	26.545	155.204

Dados CEAGESP São Paulo referentes até julho de 2017.
Fonte: Agrianual (2018).

Dentre as famílias botânicas das hortaliças-fruto, destacam-se, do ponto de vista econômico, social e de área cultivada, as solanáceas, as cucurbitáceas e as fabáceas.

As solanáceas estão entre as famílias de hortaliças-fruto com maior dispersão, ou seja, em quase todas as regiões do planeta, podemos encontrar alguns representantes. A família apresenta aproximadamente 150 gêneros de 3.000 espécies. Em território nacional, já foram descritos 32 gêneros e 350 espécies. O gênero *Solanum* é o maior dentro da família,o qual apresenta uma característica importante que é a presença de anteras poricidas.Todavia pesquisas filogenéticas evidenciaram que o gênero, na verdade, seria monofilético por meio da inclusão das espécies tradicionalmente reconhecidas como *Lycopersicum*. As hortaliças-fruto com maior importância econômica pertencentes a essa família são o tomate (*Solanum lycopersicum*), as pimentas e o pimentão (*Capsicum* spp.), a berinjela (*Solanum melongena*) e o jiló (*Solanum gilo*).

Considerando a produção de alimentos e de fibras, a família da cucurbitáceas (Cucurbitaceae) pode ser considerada uma das mais importantes. As cucurbitáceas apresentam uma distribuição tropical e subtropical e uma grande variabilidade genética,incluindo aproximadamente 120 gêneros e 850 espécies.No Brasil, há aproximadamente 30 gêneros e 200 espécies.Fazem parte dessa família a melancia [*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum & Nakai], o melão (*Cucumis melo*), o pepino (*Cucumis sativus*), a abobrinha, a abóbora ou jerimum (*Cucurbita pepo*), a moranga (*Cucurbita* máxima), o chuchu [*Sechium edule*(Jacq.) Swartz] e outras.

Representantes da família fabaceae estão distribuídos em diferentes partes do mundo. A família apresenta cerca de 650 gêneros e aproximadamente 18.000 espécies, é considerada uma das maiores famílias das angiospermas e também uma das principais do ponto de vista econômico. No Brasil, já foram descritos aproximadamente 175 gêneros e 1.500 espécies. Representantes das hortaliças-fruto e que se destacam na alimentação humana são o feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*), a ervilha-torta (*Pisum sativum*), o grão de bico (*Cicer arietinum*) e outras plantas.

Segundo um estudo realizado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) do estado do Paraná, a produção de hortaliças tem uma importância fundamental no agronegócio. A pesquisa revelou que a olericultura está presente em cerca de 13% das 300.000 propriedades familiares existentes no Paraná. As atividades olerícolas estão difundidas praticamente em todo o estado, destacando-se a macrorregião Sul com aproximadamente 62% da área plantada, a

Norte com 28%, a Oeste/Sudoeste com 8% e a Noroeste com 2%. Vale ressaltar que, ao todo, 212 municípios exploram a olericultura em escala comercial. Segundo um levantamento realizado pelo Departamento de Economia Rural do estado do Paraná (DERAL), o crescimento da produção de olerícolas no Estado, no período de 2000 a 2014, foi de 73%. A Área cultivada com hortaliças na safra de 2013 a 2014 no Paraná foi da ordem de 114.379 ha e a produção atingiu 2.959.405 toneladas.Vale destacar, ainda, que a participação das olerícolas no valor bruto da produção agropecuária do Estado atingiu 5%, representando R$ 3,3 bilhões. A diversidade de hortaliças cultivadas e comercializadas aumenta a cada safra, porém as principais hortaliças-fruto cultivadas foram tomate, pepino, pimentão, chuchu e abobrinha.

Como exposto anteriormente e demonstrado na Tabela 1, é evidente o sucesso da cadeia produtiva das hortaliças-fruto no Brasil e isso se deve, entre outros fatores, aos esforços de inúmeros professores e pesquisadores de diferentes instituições públicas e privadas. Por isso, uma atualização do que vem sendo pesquisado ao longo dos anos no Brasil é de extrema importância, pois, assim, estudiosos da área poderão traçar estratégias para que haja ainda mais avanços e contribuições no cultivo dessas espécies e de outras ainda negligenciadas ou pouco pesquisadas.

2 Estimativa de publicações científicas sobre hortaliças-fruto no Brasil

Os dados obtidos para esta atualização foi realizado por meio de uma pesquisa, em um dos principais sites de ‘procura’ da internet, de publicações científicas para as principais hortaliças-fruto cultivadas em território nacional. Os resultados são apenas estimativas do que foi publicado até 2010 e entre o período de 2011 a abril de 2018. A apresentação de todas as publicações excederia os limites deste livro, portanto serão apresentadas de maneira sucinta as principais linhas de pesquisa desenvolvidas no Brasil.

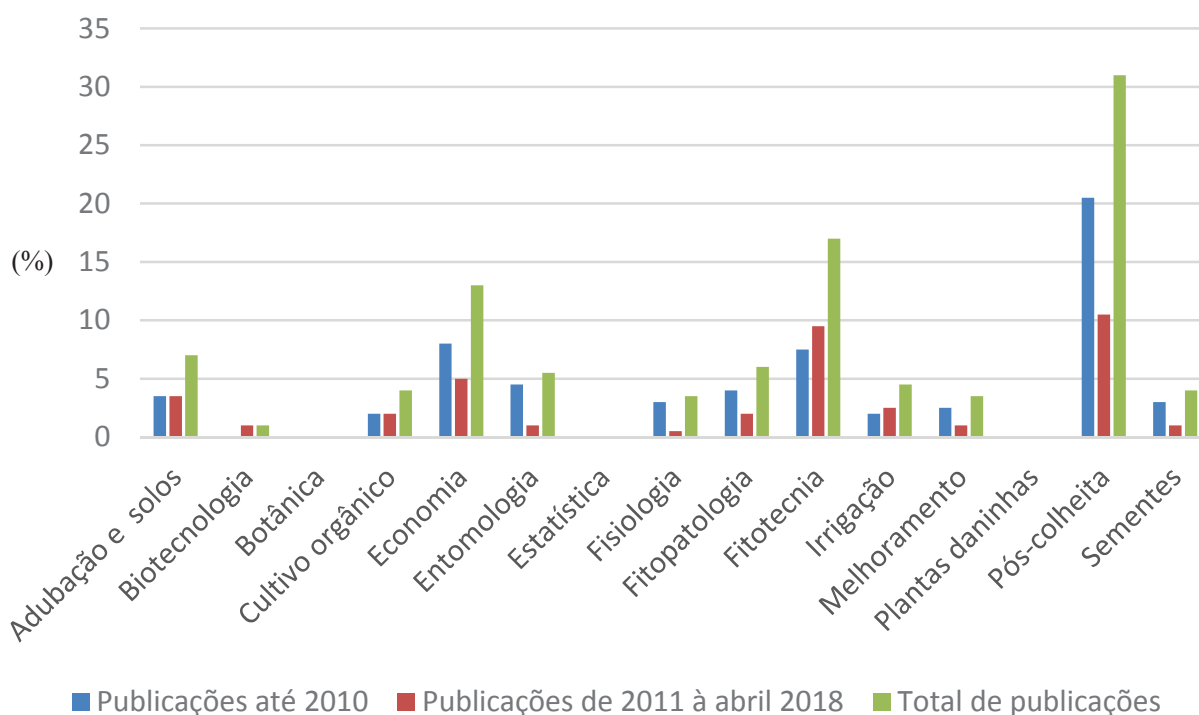



Figura 1 - Estimativa de publicações nacionais referentes à cultura do tomate.
Fonte: Os autores.

A cadeia produtiva do tomate vem crescendo ao longo dos anos, por isso tem sido uma das mais estudadas atualmente, com resultados muito importantes para agricultores e técnicos da área de assistência. Dentre as principais linhas de pesquisa, podemos destacar a pós-colheita, com aproximadamente 31% de tudo o que vem sendo estudado, dos quais 10,5% são estudos recentes, que visam reduzir perdas no armazenamento e no transporte e que realizam uma análise dos frutos quanto a atributos qualitativos, como o teor de licopeno, por exemplo.

Podem ser observados também que estudos relativos à produção vegetal (descrita na figura 1 como fitotecnia) vêm aumentado nos últimos seis anos: dos 15,5% do total, aproximadamente 9,5% são recentes; esses trabalhos visam geralmente discutir quais os melhores sistemas de cultivo para a cultura.

Uma terceira área que nos chama a atenção, com uma elevada porcentagem de publicações, é a área econômica, com pesquisas de custo de produção para diferentes sistemas de cultivo em diferentes regiões do Brasil, mostrando ser a cultura do tomate uma das mais rentáveis entre as hortaliças-fruto (mais sobre o assunto será discutido no capítulo de pós-colheita e comercialização).

Durante o levantamento dos dados, percebeu-se ainda que existe, em alguns trabalhos, uma interação entre áreas (Tabela 2). Fato de extrema importância, pois, com a cooperação de vários pesquisadores de diferentes áreas, continuaremos a observar avanços na pesquisa e em um período de tempo mais curto.

Tabela 2 - Multidisciplinariedade na pesquisa da cultura do tomate

Áreas	Fitotecnia	Pós-colheita	Adubação	Entomologia	Melhoramento	Irrigação
Fitotecnia		X	X		X	
Pós-colheita	X		X		X	
Adubação	X	X				X
Entomologia					X	
Fitopatologia	X	X			X	
Melhoramento	X	X		X		
Irrigação	X		X			

Obs.: o ‘x’ indica a interação entre as áreas de pesquisa.

Fonte: Os autores.

Os dados da Tabela 2 mostram uma grande interação entre diversas linhas de pesquisa, como, por exemplo, a área de melhoramento genético, que vem procurando desenvolver novas cultivares cada vez mais produtivas, adaptadas a vários ambientes, com melhor qualidade nutricional e resistentes a pragas e a doenças.

Para a cultura do pimentão, as linhas de pesquisa que se destacam são fitotecnia, adubação e solos e pós-colheita. A fitotecnia apresenta 19,3% do que vem sendo pesquisado, a adubação e os solos 18,86% e a pós-colheita 10,96% (Figura 2). Das três áreas de pesquisa em destaque, adubação e solos e pós-colheita apresentam trabalhos mais recentes.

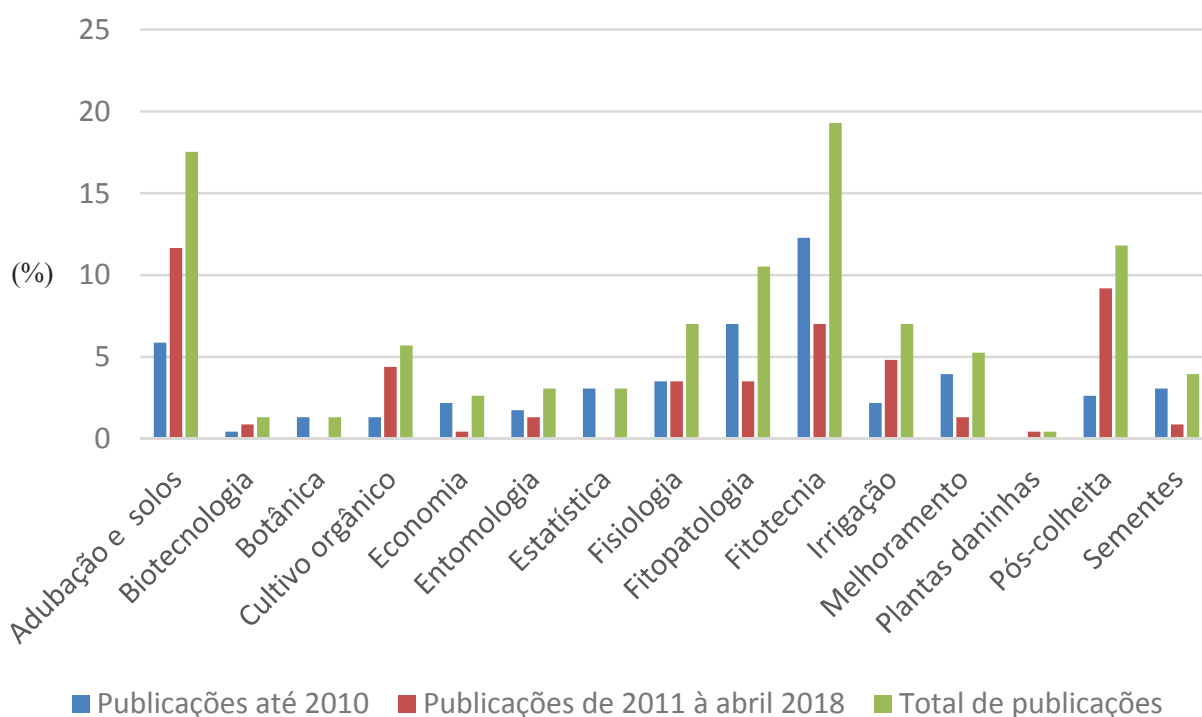



Figura 2 - Estimativa de publicações nacionais referentes à cultura do pimentão.

Fonte: Os autores.

Referente à interação entre as diferentes linhas de pesquisa para a cultura do pimentão, ficou evidente, como mostra a Tabela 3, trabalhos conjuntos entre pesquisadores de fisiologia e pós-colheita, pós-colheita e fitopatologia, irrigação e adubação, entre outros trabalhos multidisciplinares.

Tabela 3 - Multidisciplinariedade na pesquisa da cultura do pimentão.

Áreas	Fisiologia	Pós-colheita	Fitopatologia	Irrigação	Adubação e solos	Fitotecnia
Fisiologia		X				X
Pós-colheita	X		X			
Fitopatologia						
Irrigação					X	
Adubação e solos				X		X
Fitotecnia		X		X	X	

Obs.: o 'x' indica a interação entre as áreas de pesquisa.

Fonte: Os autores.

Uma observação importante, a qual pode ser realizada também a partir dos dados citados anteriormente (Tabela 3), é a falta de interação do melhoramento com as outras linhas de pesquisa, o que a princípio parece contraditório, pois, nos últimos anos, várias novas cultivares de pimentão vêm sendo lançadas no mercado (como All Big, AF 7125, Alegria, Amarelo SF

134, Anabell, Ande Kobayashi, Apple Red, Ariel, Ario, Atlantis, Betir, Bellfort, Barão, Cida R, Ciro, Commandant, Dahra R, Donatelo, Exito, Escarlata, Enzo, Eppo, Gladiador, Honey yellow, Impacto, Ikeda, Laser, Luca, Mango Orange, Magali R, Magistral, Magna Super, Marli R, Martha R, Margarida, Masada, Mayara, Melina, Nathalie, Orazio, Otto, Platero, Rubia R, Rialto, Samurai-Sais, Tibérius, Vittor, Yolo Wonder e outras cultivares), porém tal fato pode ser explicado por meio do trabalho de empresas particulares, cujos trabalhos, em sua maioria, não são publicados em periódicos científicos.

A cultura da berinjela, como as demais citadas anteriormente, também apresentou uma grande quantidade de pesquisas científicas nas diferentes áreas abordadas, as quais são apresentadas na Figura 3.

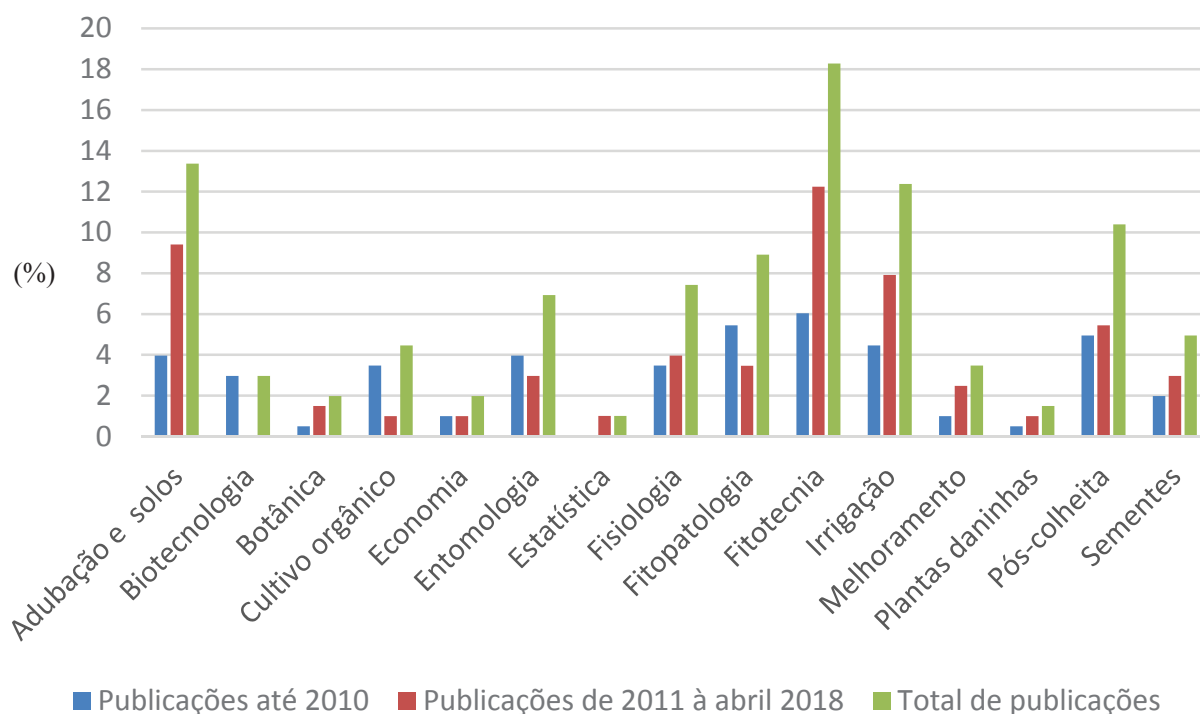



Figura 3 - Estimativa de publicações nacionais referentes à cultura da berinjela.
Fonte: Os autores.

Dentre as linhas de pesquisa abordadas para a cultura da berinjela, as que mais se destacaram em quantidade de publicações foram fitotecnia, adubação e solos e irrigação com 17,82%, 13,37% e 12,38%, respectivamente. Destaca-se ainda a quantidade de trabalhos publicados nos últimos anos, o que demonstra um avanço para a cultura no Brasil.

A pesquisa científica relacionada à cultura da berinjela apresenta uma interação entre as áreas, destacando-se a fitotecnia, que interage, por exemplo, com adubação e solos, com irrigação, com plantas daninhas e com o melhoramento. Essa interação observada se deve, entre outros aspectos, a projetos de pesquisa em fase inicial, os quais ainda buscam elucidar questões básicas para a cultura, ou seja, obtenção de plantas produtivas, resistentes a pragas e a doenças, com boa resposta à adubação, à irrigação, cultivares que não apresentem uma interação negativa com plantas daninhas e plantas com frutos com qualidade físico-química significante.

Tabela 4 - Multidisciplinariedade na pesquisa da cultura da berinjela

Áreas	Adubação e solos	Irrigação	Cultivo orgânico	Plantas daninhas	Melhoramento	Sementes
Fitotecnia	X	X	X	X	X	
Fisiologia	X	X				X
Irrigação	X					
Fitopatologia					X	
Entomologia					X	
Pós-colheita	X	X				

Obs.: o 'x' indica a interação entre as áreas de pesquisa.

Fonte: Os autores.

Uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil para a exportação é a cultura do melão; o avanço na pesquisa tem contribuído para o crescimento em toneladas de frutos frescos enviados a vários países, com destaque para Holanda, Reino Unido e Espanha. Nos últimos anos, ocorreu um aumento aproximado de 17,3% na exportação de frutos, e a perspectiva para o comércio exterior é de que nos próximos anos, essa porcentagem cresça ainda mais, pois novos países têm demonstrado interesse em nossos frutos de melão, como Argentina, Chile, Lituânia e Rússia. Dentre as áreas de pesquisa, podem-se destacar adubação e solos, pós-colheita e irrigação.

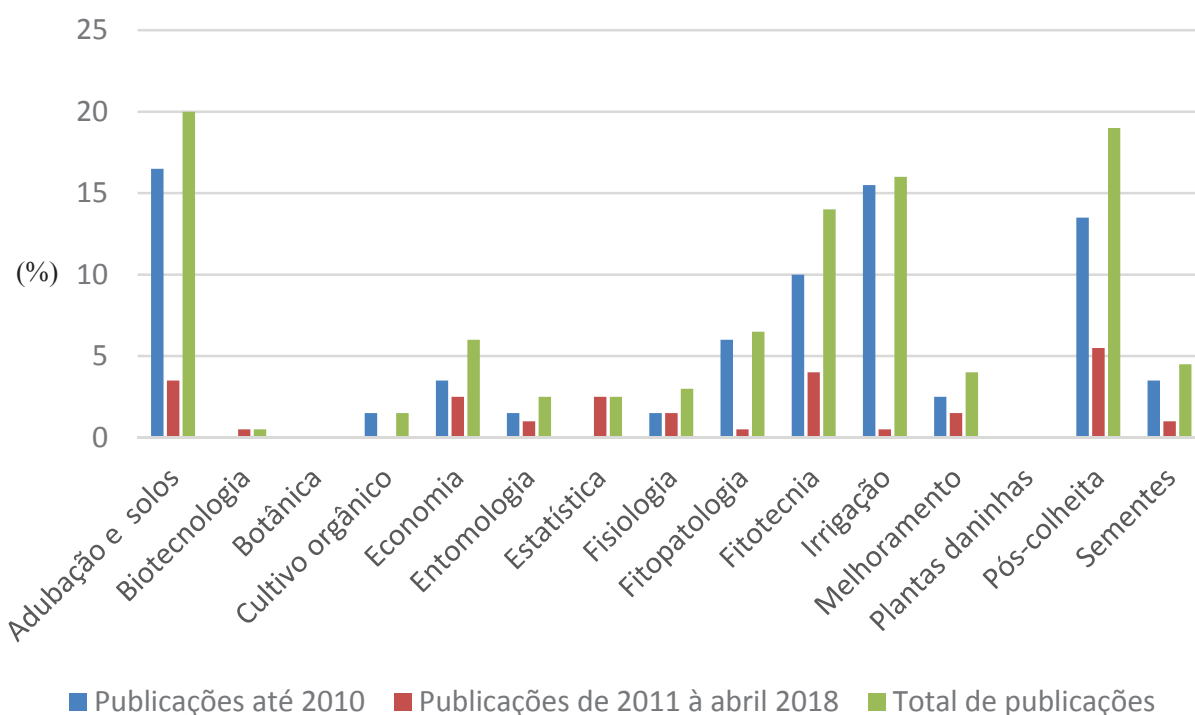



Figura 4 - Estimativa de publicações nacionais referentes à cultura do melão.

Fonte: Os autores.

É importante destacar que os resultados apresentados na Figura 4 necessitam ser interpretados com cautela, pois, que a maioria das pesquisas tenha sido realizada antes de 2011, muitas ainda

continuam sendo desenvolvidas atualmente. Percebe-se que, dos trabalhos mais recentes, a área de pós-colheita continua em alta, com artigos relacionados a tempo de prateleira e melhor sabor dos frutos.

Tabela 5 - Multidisciplinariedade na pesquisa da cultura do melão

Áreas	Irrigação	Fitotecnia	Fitopatologia	Fisiologia	Biotecnologia	Adubação e solos
Pós-colheita	X	X	X	X	X	X
Irrigação		X				X
Sementes				X		
Fitotecnia	X					

Obs.: o 'x' indica a interação entre as áreas de pesquisa.

Fonte: Os autores.

A partir da observação da Tabela 5, fica clara a ampla interação dos pesquisadores de pós-colheita do melão com pesquisadores das áreas de irrigação, fitotecnia, fitopatologia, fisiologia, biotecnologia e adubação e solos. Em quase a totalidade das publicações, independentemente do objetivo principal, foi mencionada a palavra 'qualidade', ou seja, não importa somente aumentar a quantidade de frutos por hectare, é necessário que os mesmos apresentem boa aparência, porcentagem de nutrientes e sólidos solúveis adequados e até mesmo um aroma agradável.

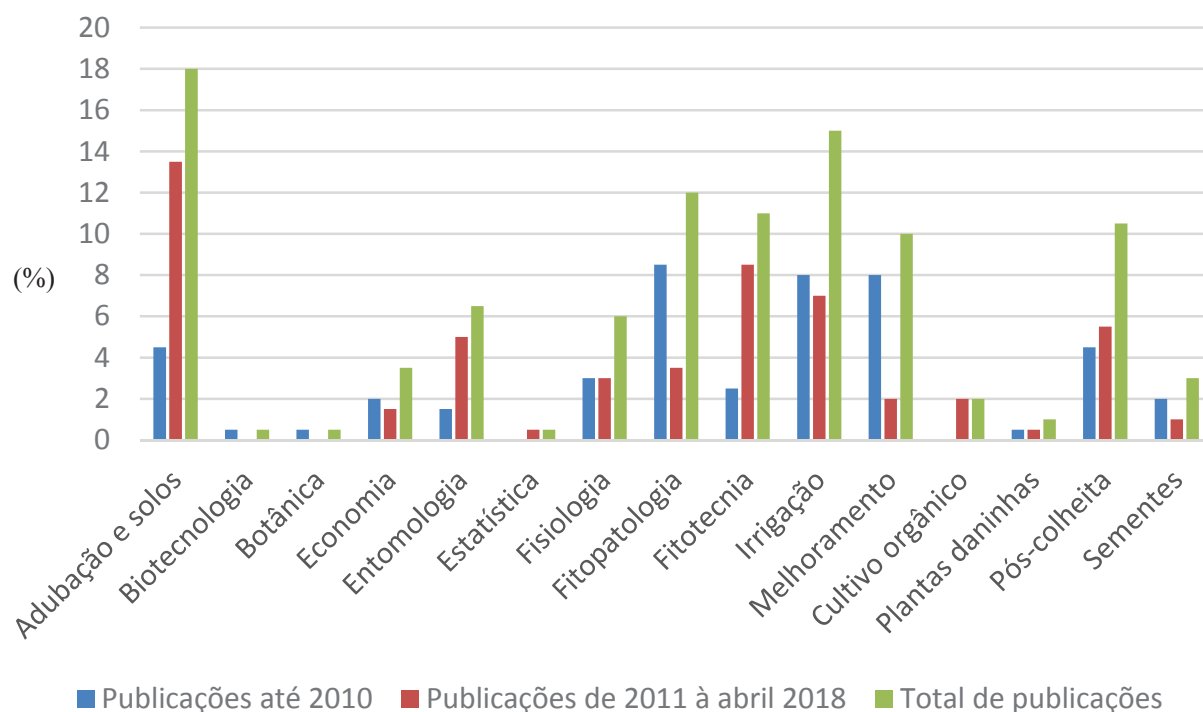



Figura 5 - Estimativa de publicações nacionais referentes à cultura da melancia.

Fonte: Os autores.

As linhas de pesquisa relacionadas à cultura da melancia, em um contexto geral, vêm priorizando as áreas de adubação e solos, com aproximadamente 18% das publicações, irrigação com 15% e fitopatologia com 12%. Os trabalhos de adubação são mais recentes, os de irrigação praticamente vêm se mantendo constantes ao longo dos anos e os de fitopatologia são trabalhos, em grande parte, anteriores a 2011.

Tabela 6 - **Multidisciplinariedade na pesquisa da cultura da melancia**

Áreas	Adubação e solos	Irrigação	Fitopatologia	Pós-colheita	Sementes
Melhoramento			X		
Entomologia	X				
Fisiologia				X	X
Fitotecnia		X			
Irrigação	X			X	

Obs.: o 'x' indica a interação entre as áreas de pesquisa.

Fonte: Os autores.

De todas as culturas comentadas até o momento, a da melancia apresenta a menor multidisciplinariedade, o que significa trabalhos com objetivos específicos para cada área aqui considerada, o que não é vantajoso para o avanço da cultura a médio-longo prazo.

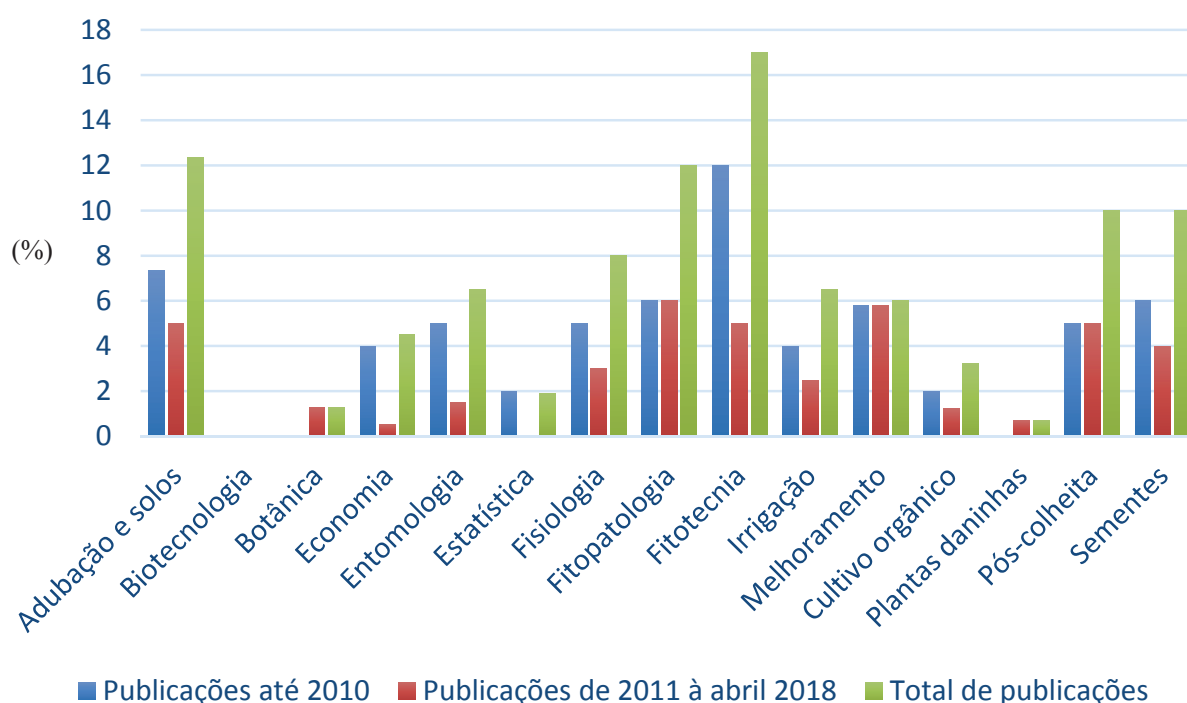



Figura 6 - Estimativa de publicações nacionais referentes à cultura do pepino.

Fonte: Os autores.

Considerando as publicações para a cultura do pepino (Figura 6), anteriores ao ano de 2010 e as posteriores, percebe-se que há uma constância nos trabalhos científicos para a espécie. Dentre as linhas de pesquisa para a cultura, o estudo de diferentes sistemas de cultivo vem se destacando, considerando-se o cultivo a campo e em casa de vegetação nos sistemas convencionais e agroecológico.

Tabela 7 - Multidisciplinariedade na pesquisa da cultura do pepino.

Áreas	Adubação e solos	Fisiologia	Fitotecnia	Botânica
Fitopatologia	X			
Irrigação	X			X
Sementes	X	X		
Pós-colheita		X		
Fitotecnia	X			

Obs.:o 'x' indica a interação entre as áreas de pesquisa.
Fonte: Os autores.

Pesquisas relacionadas à fertilidade do solo, para a cultura do pepino, vêm sendo realizadas em conjunto com outras áreas (Tabela 7), como a fitopatologia, onde pesquisadores procuram associar as questões nutricionais da planta com a reação a diferentes patógenos. A fertirrigação também vem sendo amplamente investigada. Além dos efeitos da adubação na produtividade, têm sido ainda considerados a qualidade da semente e os distúrbios fisiológicos.

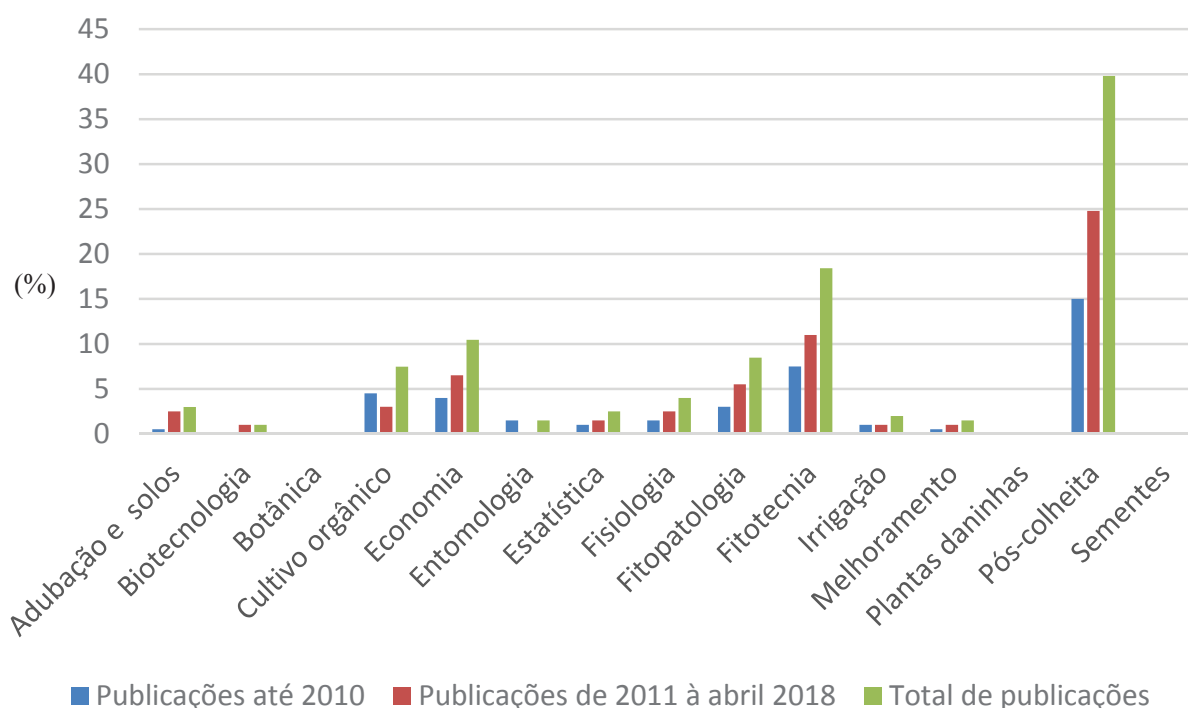



Figura 7 - Estimativa de publicações nacionais referentes à cultura do morango.
Fonte: Os autores.

As principais linhas de pesquisa para a cultura do morango na atualidade são pós-colheita, fitotecnia e economia e, dentre todas as hortaliças-fruto, tem sido a mais estudada em relação ao cultivo orgânico. Os trabalhos de pós-colheita geralmente estão relacionados à indústria e às questões nutricionais. As publicações na linha de produção vegetal destacam geralmente o cultivo em ambiente protegido, facilitando a obtenção de frutos com qualidade sensorial esem resíduos de agrotóxicos. É importante comentar a grande quantidade de trabalhos na área da economia, os quais dão ênfase à viabilidade da produção em diferentes regiões do Brasil.

Tabela 8 - Multidisciplinariedade na pesquisa da cultura do morango.

Áreas	Fitotecnia	Cultivo orgânico	Fisiologia	Fitopatologia	Irrigação
Pós-colheita	X		X	X	X
Economia		X			
Fitotecnia		X			
Melhoramento	X	X			

Obs.: o 'x' indica a interação entre as áreas de pesquisa.
Fonte: Os autores.

Esforços conjuntos vêm sendo realizados na pesquisa da cultura do morango que vão da aquisição de novas cultivares adaptadas a diferentes sistemas de cultivo a frutos com melhor tempo de prateleira.

Como já abordado anteriormente, existe uma grande variabilidade de gêneros e de espécies dentro de famílias de hortaliças-fruto, todavia algumas são pouco pesquisadas, porémcom grande potencial econômico, sendo cultivadas e comercializadas geralmente em pequena escala por agricultores pouco tecnificados. Com a pesquisa a partir do germoplasma armazenado dessas espécies, espera-se que, em um futuro próximo, o agricultor possa ter novas opções de cultivo, aumentado a quantidade de produtos para o mercado consumidor.

De acordo com o que há disponível de publicações, podemos destacar que algumas das hortaliças-fruto mais comuns, porém pouco estudadas atualmente, são abóboras, ervilha-torta, feijão-vagem e quiabo.Assim, está claro que há um campo bastante fértil ainda a ser explorado pelos pesquisadorese, para tenhamos um avanço na pesquisa de diversas hortaliças-fruto, é necessário estabelecer uma ação cooperativa multidisciplinar entre profissionais das áreas de ciências agrárias e áreas afins.

3 Perspectivas do cultivo e da pesquisa de hortaliças-fruto no Brasil

De acordo com estimativas da FAO, no ano de 2050 a população mundial será de aproximadamente 9,8 bilhões, o que corresponde a 29% a mais do número atual e os países em desenvolvimento apresentarão maior crescimento populacional. A maior parte dessa população, cerca de 70%, habitará as áreas urbanas e o poder aquisitivo das famílias será maior do que o atual. Com base nessas informações, a produção de alimentos deverá aumentar em torno de 70%. O que se espera é que o aumento da produção continue acontecendo principalmente pelo aumento da produtividade de maneira sustentável.

Em relação ao consumo de hortaliças, atualmente tem sido observado, no Brasil e no resto do mundo,o interesse por hábitos alimentares mais saudáveis, ou seja, os consumidores estão mais exigentes quanto aos produtos que chegam às suas casas.

Outro fator importante que deve ser considerado é a escassez futura dos insumos utilizados na olericultura, impactando no custo de produção e, consequentemente, no rendimento do que está sendo cultivado. Portanto estudos para o aumento da eficiência das hortaliças no uso dos principais nutrientes é essencial para que se possa atender a demanda de produtos em quantidade e qualidade e minimizando os impactos ambientais.Além de plantas mais eficientes no uso de nutrientes, a seleção de genótipos resistentes a pragas e a doenças continuará sendo também prioridade na pesquisa de hortaliças, fazendo que deixe de ser rotina o uso indiscriminado de agrotóxicos.

Referente ao que foi comentado anteriormente, destacamos o aumento do cultivo orgânico de hortaliças no Brasil. Vários projetos estão sendo realizados no país atualmente, pretendendo-se aumentar a área cultivada e a produtividade,além de melhorar a qualidade pós-colheita e a comercialização.

Mesmo com a redução, nas últimas décadas, da população que passa fome, há estudos que evidenciam populações que sofrem de fome oculta, ou seja, má nutrição, com deficiência de sais minerais e vitaminas. Trabalhos com o propósito de obtenção de cultivares de hortaliças biofortificadas também já estão sendo realizados no Brasil e devem ser intensificados. Atualmente, a principal hortaliça-fruto pesquisada para a biofortificação é a abóbora, com frutos comvalores mais elevados para concentração de carotenoides totais eteor de sólidos solúveis de 12 a 20° Brix. Há relato de pesquisadores trabalhando também com biofortificação em tomate e pimentão.

Outra questão fundamental a ser comentada é a importância da água e do clima no cultivo das hortaliças. Com relação à água sabemos que existe a possibilidade no futuro de que a disponibilidade da mesma seja reduzida, o que viria a ser um grande entrave na produção. Vários estudos climatológicos têm mostrado alterações drásticas nas temperaturas em várias regiões do mundo, por isso esforços em pesquisa são necessários para que os danos sejam minimizados no cultivo de hortaliças a médio e longo prazo.

Bastante ênfase foi dada à pesquisa até o momento, destacando-se problemas atuais e outros que poderão surgir, e uma das principais ferramentas que poderá auxiliar o pesquisador a resolver essas dificuldades e trazer benefícios aos produtores é a chamada Biotecnologia, por meio do estudo genético de plantas adaptadas a diferentes ambientes, na obtenção de mudas mais saudáveis, cultivares geneticamente modificadas com diferentes características de interesse agronômico e outras aplicações. Contudo é necessário também que os pesquisadores do presente e do futuro tenham consciência da importância dos métodos clássicos de pesquisa a campo que e sempre mantenham contato com os produtores, pois se torna vazia toda a pesquisa que não atenda a demanda real dos agricultores e da população.

Em razão da importância das hortaliças-fruto para a economia do Brasil e da necessidade de melhorar a qualidade da produção e sua profissionalização, faz-se necessário sistematizar o conjunto de informações teóricas e práticas das principais espécies cultivadas, relativas ao tema principal deste livro, servindo de subsídio para todos aqueles que estão envolvidos na área e para aqueles que por ventura venham a trabalhar com esse grupo de hortaliças.

4 Referências

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2018.

ALMEIDA, D. **Manual de cultura de hortaliças**. Lisboa: Editorial Presença, 2006. v. 1.

______. **Manual de cultura de hortaliças**. Lisboa: Editorial Presença, 2006. v. 2.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral**: princípios e técnicas. Santa Maria: Editora UFSM, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abatecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Desenvolvimento Rural. Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1995. (FRUPEX. Publicações técnicas, 13).

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 05 maio. 2018.

CEARÁ (Estado). Secretaria do Planejamento e Gestão. **Curso de agronegócios**: olericultura. Disponível em: <http://licita.seplag.ce.gov.br>. Acesso: 15 maio 2018.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.org.br>. Acesso: 15 maio 2018.

DERAL-Departamento de Economia Rural. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/>. Acesso: 20 mar. 2018.

EMATER- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/>. Acesso: 06 abr. 2018.

FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural production**: vegetables. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso: 15 maio 2018.

_____. **FAOSTAT database**. Disponível em: <http:// www.apps.fao.org>. Acesso: 15 maio 2018.

FAO-Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil**: um retrato multidimensional. Brasília, DF, 2014. Relatório 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008.

FONTES, P. C. R. (Org.). **Olericultura teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005.

IBGE-Instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>. Acesso: 10 maio 2018.

OMS-World Health Organization. Disponível em: <http://www.who.int>. Acesso: 08 maio 2018.

Solanáceas

José Usan Torres Brandão Filho, Rumy Goto, Renato de Souza Braga e Tiago Luan Hachmann

1 Introdução

Com aproximadamente 150 gêneros e 3.000 espécies, a família Solanaceae está entre as mais diversificadas entre as angiospermas eudicotiledôneas, podendo ser encontradas em várias regiões do mundo, sendo a América do Sul considerada o maior centro de diversidade da família. No Brasil, há estudos que revelam a ocorrência de 28 a 32 gêneros e de 350 a 450 espécies.

Diversas espécies de hortaliças-fruto com importância econômica mundial fazem parte da família; dentre elas, destacam-se o tomate (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annum*) e a berinjela (*Solanum melongena*).

É importante destacar que, entre os principais fatores que podem dificultar ou comprometer o sucesso de cultivo das hortaliças-fruto dessa família, estão a necessidade de manejo correto, bem como o grande número de patógenos e de pragas que podem reduzir a produtividade e a qualidade pós-colheita desses frutos. Por isso, o conhecimento dos fatores fisiológicos, de suas interações, das influências climáticas e a identificação, a caracterização, o comportamento e o controle dos patógenos têm sido considerados de extrema importância para o progresso dessas culturas.

2 Tomate

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.), planta da família das solanáceas, tem como centro de origem a América do Sul, mais precisamente, a região andina (Peru, Bolívia e Chile)onde são encontradas numerosas espécies silvestres, em sua forma primitiva. A planta foi domesticada na América Central, mais especificamente na região do México.

Até a chegada dos conquistadores espanhóis, o tomate era conhecido somente na América. Após sua chegada e durante sua longa permanência,os espanhóis difundiram o fruto por outras partes conquistadas da América do Sul. Foi assim que foram realizados plantios nas ilhas caribenhas e nos territórios localizados ao sul do continente.

A planta foi introduzida na Europa pelos espanhóis, entre 1523 e 1554, porém, assim como outras plantas americanas, demorou muito tempo para incorporar-se à alimentação européia. Inicialmente era utilizado apenas como planta ornamental, devido à beleza de seus frutos amarelo intensos, vindo daí a denominação 'Pomo d'oro' (fruto dourado, em italiano).

Um dos motivos que dificultaram sua incorporação na alimentação foi a reputação de planta venenosa. Pietro Mattioli, um famoso médico e botânico italiano, disseminou a ideia de que a planta, por ser pertencente à mesma família da mandrágora, possuía efeitos alucinógenos e

venenosos. A influência do autor na época ajudou a propagar esta ideia errônea. Devido à sua suposta toxicidade, os botânicos lhe deram o nome de *Lycopersicum*, denominação que significa 'pecado do lobo'.

Seu uso iniciou-se na Espanha e na Itália por volta do século XVII, quando começou a figurar nos tratados culinários, aparecendo, sobretudo, na culinária dos monastérios, sem dúvida importado da América pelos frades. Na Espanha, no final do século XVII, o fruto começou a se incorporar à alimentação da população, provavelmente pela grande penúria alimentícia da época e pela expansão demográfica. Na Itália, o tomate teve mais êxito que na Espanha, entrando através de Nápoles, que era, na época, uma possessão espanhola. Na segunda metade do século XVI, já existiam relatos do uso do fruto para o preparo do famoso molho italiano.

A partir da Espanha e da Itália, o fruto se difundiu para outros países do mediterrâneo e, mais tarde, para o norte da Europa. O fruto retornou à América no século XIX, sendo introduzido no norte do continente pelos colonos que foram povoar os Estados Unidos. Durante o século XX, a progressão de seu cultivo foi tão expressiva que os Estados Unidos se converteram no segundo maior produtor mundial, superado apenas pela China.

Apesar de ser originário de regiões vizinhas, no Brasil o tomate foi introduzido pelos portugueses, embora somente com a chegada dos imigrantes, principalmente italianos e alemães, teve sua produção valorizada. Atualmente com uma área plantada em torno de 63 mil hectares por ano, gera mais de 300 mil empregos. Em 2017, obteve um faturamento de R$14 bilhões, produzindo 4.0 milhões de toneladas anuais aproximadamente.

O Brasil vem se destacando ano a ano no cenário mundial, onde ocupa atualmente a 9.ª colocação como maior produtor, mas com produtividade de mais de 60 t/ha, muito acima da média mundial. Embora bem abaixo do consumo *per capita* de alguns países, como Itália e Turquia, o consumo do fruto no Brasil cresce a cada ano.

O tomate é plantado em praticamente todas as regiões do Brasil, mas destacam-se os estados de Goiás (com aproximadamente 30% da produção brasileira, principalmente tomate indústria), de São Paulo (25%) e de Minas Gerais (20%), onde se concentra a produção de tomate de mesa. Com custo de produção de R$ 30.000,00 a R$ 60.000,00 por hectare, o tomate é considerado uma cultura de alto risco, podendo, por várias razões, não alcançar a produtividade esperada. Isso justifica a necessidade de adequada assistência técnica, uma vez que é uma das (culturas hortícolas) hortaliças-fruto mais complexas.

2.1 Aspectos Botânicos

A planta de tomateiro é herbácea, com caule flexível e incapaz de suportar o próprio peso em posição vertical. Dois tipos de planta são atualmente cultivados. O tomate de crescimento determinado, conhecido como tomate de crescimento determinado 'rasteiro'/indústria, e o tomate de crescimento indeterminado, conhecido como tomate de 'mesa'.

No tomateiro de crescimento determinado, após a emissão de um determinado número de folhas e hastes, estabelecido por fatores genéticos, fisiológicos, climáticos e nutricionais, as hastes perdem a dominância apical e terminam em uma inflorescência.

Por serem de crescimento determinado, são conduzidos de forma rasteira, com os tratos culturais realizados mecanicamente. As plantas apresentam uma distribuição das inflorescências mais concentrada no tempo. Sendo assim, independentemente da posição na planta, os frutos apresentam tamanho e maturação muito semelhantes, o que permite que a colheita seja realizada em uma única operação, de forma mecanizada.

Nesse tipo de tomate, o surgimento das inflorescências ocorre com cerca de 50 dias após o transplante, dependendo das condições climáticas, genéticas e fisiológicas das plantas. A colheita é realizada em torno de 45 dias após o início do florescimento, completando o ciclo em torno de

90 a 110 dias. Normalmente os frutos possuem formato alongado a oblongo, de tamanho mediano, apresentam alta resistência ao transporte, coloração vermelha intensa e elevado teor de sólidos solúveis.

Atualmente, existem híbridos de crescimento determinado, para serem conduzidos à meia estaca, para o mercado de frutos *in natura*, o que tem reduzido o gasto com mão de obra (tratos culturais, de forma geral), fertilizantes e defensivos.

Figura 1- Aspecto geral do tomate rasteiro.
Fonte: Os autores.

As cultivares de hábito de crescimento indeterminado, largamente utilizadas para a produção de frutos 'de mesa', produzem folhas e inflorescências continuamente, durante toda sua vida. Como consequência, a produtividade é reflexo da forma como é conduzida a planta e de quantas pencas são produzidas.

As plantas apresentam hastes pouco lenhosas, muito flexíveis. Dessa forma, para melhorar a interceptação de radiação solar e facilitar os tratos culturais, as plantas devem ser tutoradas verticalmente. O caule ou ramo principal apresenta dominância apical, crescendo mais vigorosamente que os ramos laterais.

Fisiologicamente, as plantas são muito complexas, pois ocorrem simultaneamente o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo durante grande parte do período de desenvolvimento. No período imediatamente anterior à maturação dos frutos do primeiro e do segundo cachos, ocorre grande demanda de nutrientes e de carboidratos para o crescimento dos frutos, e a parte vegetativa paralisa o crescimento momentaneamente. Nessa fase, há maior exigência de água, nutrientes e condições adequadas de temperatura e luminosidade.

Figura 2 - Aspecto geral do tomate tutorado.
Fonte: Os autores.

As plantas emitem de seis a doze folhas antes do surgimento do primeiro racemo, sendo que, posteriormente, a emissão de um ramo floral ocorre a cada três folhas lançadas, constituindo as unidades de fonte e dreno. As folhas localizadas abaixo do primeiro ramo floral dirigem seus fotoassimilados para as raízes. As duas folhas localizadas na parte superior do cacho e a folha localizada logo abaixo do cacho dirigem seus fotoassimilados para o mesmo.

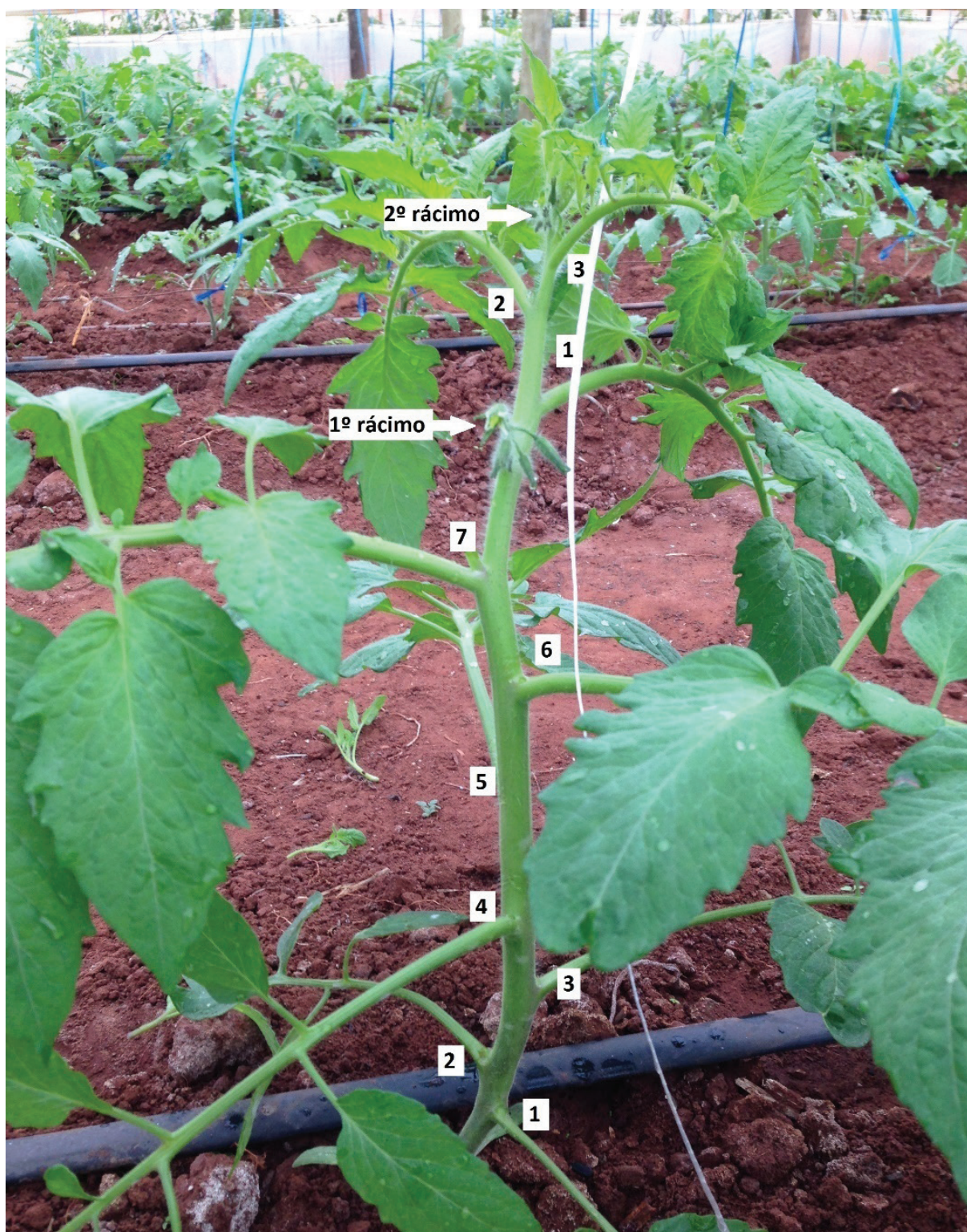



Figura 3 - Tomate indeterminado representando o número de folhas antes do primeiro racemo e a relação de três folhas/um racemo.

Fonte: Os autores.

O tomateiro apresenta folhas compostas, com seis a oito folíolos laterais e um folíolo terminal. Os folíolos são lobados, peciolados, com bordos dentados. Uma folha surge a cada 2-3 dias, dependendo das condições ambientais. As folhas apresentam-se distribuídas helicoidalmente no caule. Em cada axila foliar, existe uma gema que formará nova haste, semelhante à haste principal.

As flores do tomateiro são pequenas, amarelas, hermafroditas, autogâmicas, ocorrendo em inflorescência tipo racemo com número variado de flores, que são hermafroditas. A planta é geralmente autopolinizada, havendo baixa incidência de frutos originados de cruzamento (menos de 5%). A iniciação das flores ocorre cerca de 45 dias após o transplantio, em condições de clima quente e alta luminosidade. Em condições de clima mais ameno, a iniciação floral ocorre entre 60-70 dias após a semeadura.

Os frutos são bagas carnosas, suculentas, com aspecto, tamanho e pesos variados, conforme o material genético (cultivar ou híbrido)e a posição do fruto na planta. Dependendo do material, os frutos podem ser bi, tri, tetra ou pluriloculares. A coloração dos frutos é geralmente vermelha quando maduro, mas as cultivares/híbridos do tipo 'salada' são rosadas. O peso dos frutos pode variar de 25 até mais de 400 gramas.

Após a fecundação, o desenvolvimento do ovário fecundado em um fruto maduro leva de 7 a 9 semanas, dependendo da posição do cacho na planta, da posição do fruto no cacho e das condições ambientais. Nas primeiras semanas, o crescimento é lento (de 2 a 3 semanas iniciais), ocorrendo principalmente a divisão celular. No período seguinte (de 3 a 5 semanas), ocorre o crescimento celular, que vai até o início da maturação. Com o início da maturação, diminui-se a importação de assimilados pelo fruto, ocorrendo pouco crescimento em peso, porém um aumento nas atividades metabólicas (de 1 a 2 semanas).

O tomateiro de crescimento indeterminado, conhecido como tomate salada ou de mesa, dependendo das características de formato, número de lóculos e tamanho do fruto, pode ser dividido em cinco grupos: santa cruz, caqui, saladinha, italiano e cereja.

2.2 Exigências ambientais

2.2.1 Luz

Por ser a fonte primária de energia para todo o cultivo, a luz é um dos mais importantes fatores ambientais para o crescimento das plantas. A disponibilidade de radiação solar para a cultura depende do seu índice de área foliar, da orientação do cultivo, da densidade de plantio, da idade, do arranjo das plantas, da época do ano e ainda da característica genética do material, das condições meteorológicas e de práticas de manejo da cultura.

A origem da luminosidade nos cultivos de tomate brasileiros é basicamente solar. A utilização de suplementação da radiação solar com luzes artificiais, como realizada em alguns cultivos no Continente Europeu e no Oriente Médio, é dificilmente realizada em escala comercial no Brasil, devido aos altos custos energéticos e à alta disponibilidade de radiação solar na maior parte do ano. Sendo assim, a tomada de decisões nos cultivos de tomate no Brasil deve ser realizada no sentido de otimizar a captação da radiação solar pela cultura.

O primeiro fator a ser observado a fim de melhorar a disponibilidade de luz para as plantas é escolher a melhor época de implantação da cultura. Considerando o nível trófico para a cultura do tomate de 8,4 MJ m^{-2} dia^{-1}, que é a radiação solar necessária para a manutenção da cultura, é imprescindível que a radiação solar disponível esteja acima desse valor, para garantir acúmulo de matéria seca e crescimento da planta. A época de implantação deve ocorrer quando a radiação solar esteja acima do nível trófico. De maneira geral, observa-se que, na região sul do Brasil, nos meses de junho e julho, a radiação solar pode ficar situada abaixo do nível trófico em determinados

períodos, ocasionando uma paralisação temporária no crescimento. Dessa forma, é importante observar o tipo de polietileno a ser utilizado, se difusor de luz, comum etc.

Levando em consideração que o material de cobertura do ambiente protegido é um grande absorvedor de energia luminosa, devem-se realizar sua seleção e sua manutenção com muito critério. Devem ser utilizados materiais de cobertura com elevada transmissividade. A transmissividade dos materiais à base de polietileno situa-se em torno de 80%. Porém esse valor diminui com a idade do material, com a presença de impurezas e com a condensação do vapor d'água na superfície interna.

A cobertura plástica pode reduzir de 18% a 43% a luminosidade no interior da casa de vegetação. Dessa forma, ficam disponíveis para a planta de 57% a 82% da radiação que incide sobre a cobertura plástica. No verão, devido à alta intensidade luminosa, esse efeito muitas vezes é benéfico. O maior problema ocorre no inverno, quando a intensidade luminosa é menor e os dias são mais curtos. Nesse caso, ocorre maior gasto dos carboidratos para a respiração, levando à formação de órgãos florais defeituosos e abortamento de flores e frutos no estádio inicial de desenvolvimento. Além disso, sob condições de baixa luminosidade, não ocorre a adequada formação de pigmentos nos frutos.

A densidade de plantio também interfere diretamente na disponibilidade de radiação solar para as plantas. Em plantios mais adensados, ocorremaior autossombreamento das plantas, diminuindo a capacidade fotossintética das mesmas. Quando água e nutrientes são fornecidos adequadamente, a interceptação e a absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa tornam-se os fatores limitantes da produtividade.

Apesar da baixa incidência de radiação solar poder diminuir a produção da cultura, a radiação solar excessiva também pode ter efeitos prejudiciais. O excesso de luminosidade, conjuntamente com temperaturas elevadas, pode ocasionar prejuízos fisiológicos, como a fotorrespiração, a fotoinibição e a evapotranspiração acelerada. Além desses danos não visíveis, o excesso de radiação, aliado a temperaturas elevadas, pode ocasionar o amarelecimento dos frutos. Sendo assim, a utilização de telas de sombreamento é imprescindível em regiões de elevada luminosidade, principalmente nas horas de maior luminosidade do dia e quando a planta encontra-se na fase reprodutiva.

2.2.2 Temperatura

O tomateiro recebeu, com o passar do tempo, intenso melhoramento genético, sendo atualmente de cultivo cosmopolita, adaptando-se à diversidade de condições ambientais. Entretanto, condições de clima ameno e seco, com boa luminosidade, são ideais para o desenvolvimento da cultura.

O clima influencia em todas as fases de desenvolvimento da cultura (germinação, crescimento vegetativo, floração, desenvolvimento de frutos e maturação). Na germinação, a temperatura é o fator climático mais importante, quando situada entre 18ºC e 24ºC, favorece a germinação.

Durante o desenvolvimento vegetativo, a planta pode tolerar uma amplitude térmica de 10ºC a 34ºC, porém a temperatura média ideal no período de cultivo é de 21ºC. Quando o cultivo é realizado sob cobertura plástica, a tolerância do cultivar a altas temperaturas é ainda mais importante, uma vez que, nesse tipo de ambiente a temperatura tende a ser mais elevada.

Temperaturas menores do que 10ºC levam a um menor desenvolvimento da planta, com hastes mais grossas, mais quebradiças, menor número de folhas, entretanto maiores e de coloração verde intensa, tendendo para o azulado. No aspecto reprodutivo, ocorre maior abortamento de flores e de frutos pequenos, além de uma polinização deficiente.

Temperaturas mais elevadas levam à formação de plantas com hastes mais finas e de maior tamanho, maior emissão de folhas, porém com menor tamanho e de coloração verde-amareladas e maior abortamento floral. Portanto, além de observar as características de cada cultivar no momento de sua seleção para o local de cultivo, deve-se ter em mente a necessidade de estruturas projetadas para as exigências da cultura, com equipamentos para auxiliar no controle da temperatura.

No interior do ambiente protegido, a temperatura sempre é maior que no exterior. Em alguns momentos, como dias quentes e chuvosos, a temperatura interna pode superar em até 15 ºC a temperatura externa, gerando vários distúrbios fisiológicos no tomateiro. Sob elevadas temperaturas, ocorre grande taxa de abortamento de flores e de frutos, maturação irregular e lóculo aberto.

Além da diferença entre as temperaturas internas e externas, há um gradiente de temperatura no interior do ambiente. Uma diferença próxima a 2ºC pode ser encontrada entre as camadas localizadas a 2 m de altura e as camadas mais próximas do solo. Quanto mais próximo ao plástico da estufa, maiores são astemperaturas, o que justifica a maior incidência de frutos amarelados nos últimos cachos, conforme discutido anteriormente. Por isso, ultimamente os ambientes protegidos com plástico têm sido projetados com um pé direito (maior) mais alto, de maneira a proteger a planta dos 'bolsões de calor' localizados na parte superior do cultivo.

Todos esses fatores evidenciam a importância do planejamento de um sistema de ventilação no interior do ambiente, seja ele natural (através da instalação de janelas zenitas ou outro tipo de aberturas na estrutura e telas laterais que permitam uma boa movimentação da massa de ar) ou artificial (através de ventiladores e exaustores). Dessa forma, permite-se que a temperatura chegue próximo à temperatura externa, principalmente nas horas mais quentes do dia.

A diminuição da temperatura pode ser conseguida através de telas de sombreamento, aplicadas nas horas mais quentes do dia. Porém, considerando a importância da luminosidade, é interessante utilizar telas aluminizadas, que diminuem a temperatura no interior do ambiente, sem reduzir drasticamente a luminosidade.

A instalação de um sistema fogger também é de grande valia na redução da temperatura no interior do ambiente. Observa-se, de maneira geral, que o controle exato da temperatura é tarefa quase impossível, exceto quando ocorre um alto investimento energético. Dessa forma, o melhor manejo da temperatura é aquele obtido por meio do emprego de diversas técnicas, iniciando por aquelas que não envolvem o gasto de energia direta, através dos ventos (movimento passivo de energia) e, por último, aquelas que envolvem maior gasto energético (movimento ativo de energia).

Ainda com relação à temperatura, ressalta-se a importância da amplitude térmica, ou seja, o desenvolvimento é favorecido por uma diferença entre a temperatura diurna e a temperatura noturna (termoperiodicidade).Temperaturas diurnas em torno de 26 ºC e temperaturas noturnas em torno de 17 ºC a 20 ºC, que permitem uma amplitude térmica de 6 ºC a 10 ºC, são ideais. Temperaturas noturnas mais baixas evitam a respiração excessiva dos tecidos, favorecendo que os carboidratos, ao invés de serem gastos na respiração, sejam direcionados à formação dos frutos. Além disso, com esse gradiente de temperatura, são reguladas as reações enzimáticas nos tecidos da planta.

Os efeitos da temperatura no índice de fixação de frutos serão discutidos no item 'desordens fisiológicas'.

2.2.3 Umidade do solo

Por ser uma planta com alto potencial produtivo e o fruto ser composto por mais de 90% de água, percebe-se o alto grau de necessidade de água da planta. O sistema radicular é bastante agressivo, podendo chegar a profundidades de mais de 1,50 m quando semeados diretamente no solo. Atualmente, em quase a totalidade dos cultivos comerciais, a propagação é feita através do transplante de mudas e, nesse caso, o sistema radicular encontra-se nos primeiros 0,50 m de profundidade, estando a maioria das raízes nos primeiros 0,25 m de profundidade.

Figura 4 - Sistema radicular de tomate determinado.
Fonte: Os autores.

O déficit hídrico prolongado prejudica o crescimento da raiz e, como consequência, interfere no crescimento e no desenvolvimento da planta (provoca mau desenvolvimento da planta), tendo como resultado abortamento de flores e de frutos novos e surgimento de vários distúrbios fisiológicos nos frutos em formação. A ocorrência de déficit hídrico tem relação direta com a ocorrência da anomalia denominada ‘podridão apical do fruto’, assunto que será discutido posteriormente no item ‘desordens fisiológicas’.

Já o excesso de água pode provocar problemas tão ou mais sérios que a sua deficiência. Um solo encharcado, além de reduzir o desenvolvimento do sistema radicular devido à deficiência de oxigênio, propicia também ambiente favorável ao desenvolvimento de vários patógenos de solo. Além disso, quando o solo é irrigado em excesso, o sistema radicular tende a explorar uma pequena quantidade do solo, reduzindo a absorção de nutrientes.

A umidade do solo deve ser mantida o mais uniforme possível nos diferentes períodos do dia. Para isso, devem-se adicionar menores quantidades de água no solo em intervalos mais frequentes. A faixa ótima de disponibilidade hídrica para o tomateiro situa-se entre 0,2 e 0,8 bar, ou seja, o solo deve ser mantido entre 60% e 70% da capacidade de campo. A flutuação da umidade do solo, que ocorre quando as irrigações são pouco frequentes, pode ocasionar sérios problemas à cultura. Em mini tomates, frequentemente os frutos ‘estouram’ quando ocorre essa flutuação, uma vez que a casca do fruto é menos expansível que sua polpa. Nos demais frutos, ocorrem micro rachaduras na superfície, assunto que será discutido no item ‘desordens fisiológicas’.

2.2.4 Umidade relativa do ar

A umidade relativa ideal para a cultura do tomateiro deve estar situada entre 50% e 70%. Valores situados abaixo dessa faixa podem ocasionar diminuição no potencial hídrico foliar, levando ao fechamento estomático. Como a entrada de CO_2 para a câmara subestomática ocorre por difusão, com os estômatos fechados não ocorre entrada de CO_2 necessário para a fotossíntese, ocasionando prejuízos diretos à produção. A umidade relativa baixa também ocasiona desidratação dos tecidos, menor desenvolvimento vegetativo e queda de flores.

Porém não só a umidade relativa baixa tem efeitos adversos para a cultura. A umidade relativa elevada reduz a transpiração das plantas, podendo comprometer seu crescimento e desenvolvimento. Com menor transpiração, o fluxo no xilema é diminuído, reduzindo o transporte de nutrientes para a parte aérea, ocasionando, além de perdas no acúmulo de matéria seca, comprometimento da qualidade dos frutos e aumento na incidência de desordens fisiológicas. A polinização também é deficiente nesses casos, uma vez que o grão de pólen perde a viabilidade antes de ocorrer a fecundação.

Além do aspecto fisiológico, a umidade relativa tem importância direta no aspecto fitossanitário da cultura. Na parte aérea, a umidade relativa elevada ocasiona problemas fitossanitários de grande monta, levando ao aumento do custo de produção, à diminuição de qualidade, à redução da produtividade e até mesmo à inviabilidade da cultura. Diversas doenças são favorecidas por ambientes com elevada umidade relativa do ar e pelo molhamento da superfície foliar.

O problema da baixa umidade pode ser resolvido utilizando alguns manejos, por exemplo: a instalação de um sistema *fogger* é uma alternativa viável, uma vez que, além de aumentar a umidade relativa do ar, diminui a temperatura interna do ambiente. Além disso, não ocorre molhamento foliar, o que poderia comprometer o aspecto fitossanitário da cultura. Outra alternativa menos eficiente, mas que pode auxiliar no aumento da umidade relativa do ar, é realizar o molhamento dos corredores, evitando realizar o molhamento das folhas. Dessa forma, pode-se aumentar substancialmente a umidade relativa no interior do ambiente.

2.3 Fisiologia do desenvolvimento

Por se tratar de uma planta cujo valor comercial está no fruto, sabe-se a importância do que se convencionou chamar de relação fonte-dreno. Após o surgimento do fruto, este passa a ser o principal dreno, não admitindo falhas no processo de assimilação desses fotossintetatos. Por isso, autossombreamento excessivo, utilização de telas de sombreamento inadequadas, sujidades sobre o filme plástico do ambiente protegido ou mesmo a ocorrência de insetos desfolhadores podem comprometer seriamente a produção de fotoassimilados e, consequentemente, a produtividade final.

No tomateiro de crescimento indeterminado, conforme já mencionado, surgem de 6 a 12 folhas antes do aparecimento do primeiro racemo. Essas folhas são responsáveis por produzir fotoassimilados para o sistema radicular. Se um número pequeno de folhas é produzido antes da primeira inflorescência, a formação do sistema radicular pode ficar comprometida. Com um sistema radicular mal formado, toda a produção da planta fica comprometida, uma vez que a absorção de água e de nutrientes é dificultada.

Em casos de estresse ambiental, principalmente por temperatura elevada, mas também por estresse hídrico e nutricional, pode ocorrer a emissão do primeiro racemo precocemente, quando a planta apresenta ainda poucas folhas (de 4 a 6), o que é altamente prejudicial à cultura como um todo. Como os frutos são os principais drenos da planta, com o surgimento desse racemo de maneira antecipada, a planta passa a inverter seus fotoassimilados na formação dos frutos e não mais na formação das raízes. Sendo assim, em casos onde ocorra a emissão precoce

do racemo, o ideal é removê-lo, garantindo a possibilidade de formação de um sistema radicular vigoroso.

É importante ressaltar que, no tomateiro de crescimento indeterminado, as duas folhas localizadas imediatamente acima e a folha localizada imediatamente abaixo de cada cacho são as principais responsáveis pelo seu suprimento. No tomateiro de crescimento determinado, a unidade fonte corresponde à haste como um todo, ou seja, ao final de cada haste, existe uma inflorescência que é alimentada pelas folhas desta.

Figura 5 - Tomate indeterminado.
Fonte: Os autores.

Figura 6 - Tomate determinado.
Fonte: Os autores.

Durante o desenvolvimento vegetativo da planta, há uma forte competição entre o crescimento das folhas e o crescimento do meristema apical. Essa competição influencia diretamente na precocidade da colheita e na produtividade total. Uma alta disponibilidade de fotoassimilados promove o crescimento de ambos. Porém, quando as plantas sofrem uma limitação de fotoassimilados (sob altas temperaturas ou baixa luminosidade), o crescimento das folhas novas é favorecido às custas do desenvolvimento da região apical. Dessa forma, sob a ocorrência das referidas condições, o surgimento de inflorescências e, consequentemente, a colheita podem ser retardados.

Após o surgimento da inflorescência, uma série de fatores ambientais e o balanço hormonal vão influenciar no estabelecimento dos frutos. Embora a polinização seja facilitada pela estrutura da flor, o movimento dos racemos, seja pelo vento, por atividades culturais ou por meios artificiais, é necessário, principalmente no inverno. Nesse período do ano, os grãos de pólen tendem a ficar viscosos e muito agregados, possivelmente devido à alta umidade relativa do ar, à baixa intensidade luminosa e à temperatura.

A posição do racemo na planta e a sequência em que o fruto foi estabelecido no cacho são fatores críticos determinantes do tamanho final do fruto. Geralmente frutos que se desenvolvem na base do cacho são maiores que os que se desenvolvem na extremidade. Isso acontece uma vez que esses frutos se estabelecem primeiro e se tornam os drenos principais. Quando todos os frutos são estabelecidos ao mesmo tempo, tendem a apresentar quase o mesmo tamanho.

2.4 Desordens fisiológicas

2.4.1 Podridão apical do fruto

A podridão apical dos frutos aparece inicialmente como uma mancha acinzentada ou enegrecida na porção final do fruto. Conforme a mancha aumenta, o tecido vai secando e tornando-se mais rígido.

Há muito se sabe que a principal causa da podridão apical é a deficiência de cálcio ou o baixo teor de umidade no solo, ou excesso de adubação nitrogenada, fazendo que a planta cresça muito rapidamente. Porém pesquisas recentes demonstraram que a causa da anomalia é uma falta de coordenação entre o transporte de assimilados pelo floema e de cálcio pelo xilema durante o rápido crescimento da célula, além de uma falta de interação entre as taxas de crescimento do fruto e de aquisição do cálcio na porção distal do fruto.

Diversas são as razões para a baixa concentração de cálcio na porção distal do fruto. Independentemente das condições ambientais, a deposição de pectatos de cálcio e de fosfatos de cálcio é baixa na porção final do fruto. O número de feixes vasculares diminui da região proximal (onde o fruto está aderido ao pedúnculo) para a região distal do fruto. Quando a entrada de cálcio no fruto é reduzida por fatores externos, a exigência das membranas e das paredes celulares pelo elemento pode não ser suprida. O enfraquecimento das paredes celulares ou a perda da semipermeabilidade da membrana celular são as causas diretas do sintoma causado pela deficiência de cálcio.

A disponibilidade hídrica é muito importante, uma vez que o cálcio é transportado apenas por tecidos condutores de água (xilema). Quando a absorção de água é restringida, a absorção de cálcio é reduzida proporcionalmente. Além disso, a umidade do solo é importante, pois frutos e folhas competem por água. Baixa umidade do solo, especialmente quando acompanhada por temperatura e por luminosidade elevadas, aumenta a transpiração, fazendo que, proporcionalmente, mais cálcio seja enviado para as folhas do que para os frutos.

Temperaturas elevadas e altas luminosidades podem aumentar a incidência de frutos com podridão apical, uma vez que aumentam a taxa de crescimento dos frutos que, muitas vezes, não é acompanhada por aumento no suprimento de cálcio.

Sob condições salinas, a absorção de cálcio é dificultada, porque a absorção de água é restrita. O desenvolvimento do xilema dentro do fruto também é restringido pela salinidade, diminuindo a habilidade dos frutos em transportar cálcio para a porção distal. O fornecimento de nitrogênio na forma amoniacal ao invés da forma nítrica também aumenta a incidência de podridão apical dos frutos.

Controle

A concentração de cálcio na região do sistema radicular e a concentração de elementos que competem com o cálcio por sítios de absorção (magnésio e potássio) devem estar equilibradas. A água no solo deve estar disponível para a planta, evitando flutuações de umidade, bem como condições salinas, que restringem a absorção pela planta. A água deve ir para o fruto e não para as folhas. Para isso, deve ser diminuída a transpiração da planta, que é atingida ao diminuir a temperatura ambiental e a luminosidade excessiva, e aumentando a umidade relativa do ar. Além disso, é necessária a escolha adequada do material genético, visto que esse difere quanto à exigência de cálcio. Duas ou três aplicações foliares de cálcio utilizando nitrato de cálcio (4 g l^{-1}) auxiliam na prevenção da anomalia. Por fim, manter um crescimento constante e lento dos frutos é recomendável.

2.4.2 Abscisão floral

Sob condições de estresse, principalmente por temperaturas elevadas, os botões florais podem cair, antes mesmo da antese. Um indicador é o amarelecimento da área intumescida do pedúnculo floral, formando uma camada de abscisão que, posteriormente, levará à queda das flores. Mesmo após a fertilização, as flores podem falhar em desenvolver um fruto devido à competição com outros frutos ou a fatores estressantes. Uma vez que o fruto tenha iniciado seu desenvolvimento, geralmente ele continua seu crescimento, sem ser abortado.

As causas do abortamento de flores estão relacionadas a condições ambientais que dificultam o curso normal do grão de pólen, do óvulo ou do zigoto. As causas típicas para o baixo estabelecimento de frutos são temperaturas extremas, sejam elas altas ou baixas. Temperaturas diurnas acima de 32 ºC e noturnas acima de 21 ºC reduzem significativamente a fixação dos frutos. Dois dias sucessivos em que as plantas sejam expostas por aproximadamente três horas a uma temperatura de 40 ºC podem aumentar significativamente o abortamento de flores. Além disso, baixa umidade relativa do ar (menos que 60%), baixos níveis de radiação solar e ventos fortes também são fatores importantes.

Essa falha está associada aos seguintes elementos: (i) reduzida quantidade e qualidade de pólen; (ii) degeneração do óvulo; (iii) má formação da flor; (iv) deficiência de carboidratos; (v) desbalanço nas substâncias reguladoras do crescimento.

Controle

O controle consiste basicamente em utilizar materiais genéticos resistentes às condições em que a cultura será conduzida. Isso envolve utilizar aqueles que tolerem temperaturas mais elevadas e que produzam carboidratos suficientes para a manutenção das flores e para a formação dos frutos nessas condições. Otimizar os fatores ambientais na fase de floração também é uma ação importante. Isso envolve um adequado manejo da temperatura, da umidade relativa do ar e da luminosidade.

A aplicação de alguns hormônios também pode ser realizada, porém sua eficiência muitas vezes fica aquém do desejado. Auxinas sintéticas são utilizadas para aumentar o estabelecimento de frutos e seu desenvolvimento em cultivos no sul da Espanha, onde as temperaturas são menores que 10 ºC. Esse hormônio também pode ser usado quando as condições ambientais para o estabelecimento dos frutos não são favoráveis. Em condições de temperaturas extremas também podem ser utilizadas cultivares partenocárpicas. Esses produtos são eficientes quando as plantas estão em condições de estresse, portanto não se recomenda utilizar em plantas que estão em condições boas.

2.4.3 Falta de mucilagem na semente

A falta de mucilagem no entorno da semente pode deixar um espaço vazio entre o tecido placentário e a parede do lóculo. Externamente os frutos são angulares ao invés de redondos. As causas dessa desordem estão associadas à baixa luminosidade, sendo mais comum nos períodos de outono e inverno.

Controle

O manejo nutricional e ambiental é crucial para a redução da porcentagem de frutos sem mucilagem. Doses elevadas de nitrogênio podem elevar a incidência da desordem, enquanto doses elevadas de potássio a diminuem. A aplicação de citocinina nas inflorescências parece diminuir a incidência da anomalia.

2.4.4 Rachadura dos frutos

As rachaduras podem variar de tamanho e de profundidade. Em alguns frutos, as rachaduras podem ser pequenas, quase invisíveis ao olho nu, conferindo ao fruto um aspecto áspero. Resumidamente, a rachadura ocorre devido a um alto influxo de solutos e água para o fruto ao mesmo tempo em que a maturação ou outros fatores reduzem a força e a elasticidade da epiderme do fruto.

Em frutos maduros, o aumento na temperatura do fruto aumenta a pressão hidrostática da polpa na epiderme do fruto, resultando em rachaduras visíveis imediatamente. Em frutos verdes, essas rachaduras surgem e posteriormente crescem, tornando-se mais visíveis. Condições de luminosidade excessiva, especialmente em frutos não sombreados, são associadas à ocorrência da rachadura dos frutos. Elevadas intensidades luminosas aumentam a temperatura, o teor de sólidos solúveis e a taxa de crescimento dos frutos, fatores que são associados com o aumento da incidência de rachaduras em sua superfície.

Controle

Práticas culturais que promovam um crescimento uniforme e relativamente lento do fruto, além de umidade do solo equilibrada, previnem a ocorrência da rachadura dos frutos. A umidade do solo deve ser mantida na mesma quantidade ao longo do dia, sem flutuações, o que é conseguido com irrigações frequentes e em menor volume.

Em ambiente protegido, é mais fácil o controle da umidade do solo do que em cultivo a céu aberto, onde não é possível evitar a flutuação da umidade do solo. A ocorrência de elevados índices de pluviosidade após períodos elevados de seca pode promover o aumento na incidência de rachaduras. Uma das poucas práticas que podem ser utilizadas para prevenir a anomalia nesses casos é a manutenção da cobertura vegetal, visando proteger os frutos da incidência direta da radiação solar. A melhor prevenção para a anomalia é utilizar cultivares resistentes, além de colher os frutos no início da mudança de coloração.

Em ambiente protegido, além de evitar a flutuação no teor de umidade do solo, é importante também evitar a flutuação na condutividade elétrica.

2.5 Condução da cultura

2.5.1 Produção de mudas

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes dos cultivos de hortaliças. É importante que as mudas tenham bom aspecto fitossanitário, sem a presença de pragas e de doenças, para evitar sua introdução no ambiente de cultivo.

Fisiologicamente, as mudas devem ter um bom equilíbrio entre raiz e parte aérea. Mudas com uma parte aérea exuberante, mas sem um sistema radicular que a suporte (pequena razão raiz:parte aérea) tendem a desidratar mais rápido quando transplantadas, fazendo que o estabelecimento inicial seja mais difícil.

Além desse aspecto, as mudas não devem apresentar sinais de estresse intenso. Um aspecto importante das mudas é que o sistema radicular não deve estar amarelado/amarronzado. As raízes devem estar esbranquiçadas e com aspecto saudável. As plântulas, ao passarem por algum tipo de estresse severo, seja ele por elevada temperatura, salinidade ou outros, tendem a apresentar seu sistema radicular mais lignificado, com aspecto amarelado. Além desses fatores estressantes, deixar a muda 'passar do ponto', ou seja, deixá-la permanecer na bandeja após ocupar todo o volume da célula, leva o sistema radicular a apresentar o mesmo aspecto. O sistema radicular, quando

apresenta essas características, tende a ter um crescimento mais lento e deficitário, retardando o estabelecimento das plântulas no campo.

Atualmente, muitos produtores têm optado por adquirir as mudas de viveiristas especializados. A grande dificuldade é que muitos viveiristas não comprometidos com a produção do produtor ou muitos produtores que visam à economia nessa fase da implantação utilizam mudas produzidas em bandejas de 200 e 288 células. Essas mudas tendem a apresentar um sistema radicular muito frágil, que demora para estabelecer-se no ambiente de cultivo. Dada a importância do sistema radicular em todo o ciclo da planta, por sua função de absorver água e nutrientes, é de se esperar que, com um sistema radicular menos desenvolvido, a disponibilidade desses fatores de crescimento para a planta seja limitada, retardando seu desenvolvimento. Portanto recomenda-se a produção de mudas de tomate em bandejas de poliestireno expandido, ou plástico de 128 células.

2.5.2 Enxertia

Nas últimas décadas, devido ao cultivo intensivo realizado na produção de hortaliças, têm aumentado os problemas com patógenos de solo. Considerando que o desenvolvimento de materiais genéticos resistentes é um processo lento e caro, a melhor alternativa é a produção em cultivo sem solo (vasos, slabs, canais etc.) ou a utilização de plantas enxertadas. A adoção de cada uma das técnicas depende das características e do capital de cada produtor.

A enxertia geralmente é a alternativa escolhida, uma vez que não necessita de modificações no sistema de cultivo para sua implantação. A enxertia funciona como uma alternativa de controle a curto prazo e, algumas vezes, com menores custos. Além de permitir a produção em solos infestados, a enxertia permite uma produção adequada em condições de temperaturas de solo inadequadas. Há ainda outras indicações da enxertia, que devem ser avaliadas caso a caso.

A enxertia pode ser realizada por diversas formas, mas a principal utilizada no tomateiro é a enxertia por garfagem.

2.5.3 Densidade de plantio

Um componente importante, de grande influência na distribuição da radiação solar no dossel da cultura, é a densidade de plantio. O aumento na densidade de plantio é uma técnica muito utilizada no cultivo do tomateiro em ambiente protegido, tendo em vista que esse tipo de cultivo deve aproveitar ao máximo a área disponível, devido aos altos custos de instalação das estruturas e ao alto nível tecnológico utilizado.

O número de plantas na área de cultivo determina a densidade de plantio. Essa densidade influencia diretamente nos tratos culturais realizados na cultura. Quando ocorre um aumento na densidade de plantas por unidade de área, a competição por fatores essenciais de crescimento, como nutrientes, luz e água também aumenta. A competição exercida não tem efeito apenas na produtividade, mas também na qualidade dos frutos.

Com o aumento na densidade de plantio, ocorre a redução da área foliar por planta e o aumento do autossombreamento. Como o total de assimilados de uma planta é diretamente proporcional à fotossíntese, a qual é uma função da radiação solar incidente, da disponibilidade hídrica, da concentração de CO_2 e da área foliar, é de se esperar que a massa fresca média de frutos diminua com o aumento da densidade de plantas, uma vez que ocorre maior competição por esses fatores.

Altas densidades produzem grande número de frutos por área, mas com tamanho, massa e teor de sólidos solúveis menores. Esse fato tem sido atribuído principalmente às pressões de competição intra e entre plantas. Quando a cultura é instalada sobre baixas densidades, ocorre o inverso, ou seja, ocorre uma produção total menor com maior número de frutos por planta, e com tamanho e massa mais elevada.

A densidade de plantio a ser adotada deve levar em consideração o mercado consumidor para o qual a produção será destinada. Plantios mais adensados devem ser realizados quando o principal retorno econômico ao produtor ocorre em função da quantidade de frutos. Porém em mercados diferenciados, onde ocorre a valorização da qualidade dos frutos, os plantios devem ser realizados em condições de maior espaçamento, visando garantir o atendimento à exigência das características qualitativas desses frutos (acidez, sólidos solúveis, vitamina C, licopeno etc.).

O espaçamento entre plantas adotado varia, podendo ser de 0,25 m – 0,35 m entre plantas (para cultivares menos vigorosas) a 0,45 m – 0,55 m (para cultivares muito vigorosas). Quando são conduzidas duas ou mais hastes por planta, o espaçamento deve ser aumentado, de forma a diminuir o autossombreamento.

Nos últimos anos, uma técnica de cultivo denominada de 'tomate meia estaca' tem sido utilizada por alguns produtores. Nesse tipo de cultivo, o espaçamento utilizado entre plantas é de 0,20 m a 0,30 m e as plantas são conduzidas até a quarta ou quinta penca. A principal vantagem desse tipo de cultivo é a precocidade de colheita e a economia de defensivos, pois que quando se inicia a fase de maior incidência de doenças no cultivo, a cultura se aproxima da época de colheita.

2.5.4 Número de hastes

Tradicionalmente a planta de tomate é conduzida com uma haste por planta, eliminando todas as brotações laterais à medida que surgem. Essas hastes são conduzidas até 2 m de altura, podendo ser rebaixadas posteriormente, fazendo que a planta possa possuir hastes de mais de 6 m de comprimento. Em cultivos com haste única, o plantio pode ser mais adensado, visando aproveitar mais a área.

Muitos produtores têm optado por conduzir a planta de tomate com duas hastes. A principal vantagem dessa técnica, conforme mencionado, é a economia de sementes;porém é importante considerar que há algumas desvantagens no método. A principal delas é que o manejo de irrigação e de adubação deve ser realizado com muito critério, uma vez que a planta demandará mais água e nutrientes do que a planta conduzida em haste única. Além disso, caso ocorra algum patógeno de solo, esse ocasionará a perda de uma quantidade mais expressiva da produção.

Usualmente, quando conduzidas duas hastes por planta, são mantidas a haste principal e a primeira haste abaixo do primeiro cacho, por apresentarem-se mais vigorosas. Na planta de tomateiro, a haste principal possui maior vigor em relação às demais, devido à dominância apical, regida por uma relação hormonal. As hastes localizadas imediatamente abaixo dos cachos possuem maior vigor do que as demais hastes secundárias, devido a uma estratégia da planta de tomateiro para maximizar a translocação de fotoassimilados para o crescimento dos frutos.

Quando conduzidas duas hastes por planta, estas também podem ser levadas a até 2 m de altura. É importante salientar que, à medida que se aumenta a quantidade de hastes por planta, também deve ser aumentado o espaçamento entre plantas.

2.5.5 Tutoramento

A planta de tomate possui hábito de crescimento prostrado, sendo essencial seu tutoramento para garantir maiores produtividades. Um dos sistemas de condução mais adotados no cultivo protegido é o sistema de tutoramento vertical. No método de tutoramento vertical, há melhor distribuição da radiação solar e ventilação ao longo do dossel das plantas, reduzindo o período de molhamento foliar e a severidade das doenças; além disso, a aplicação de defensivos é mais viável, já que o produto é aplicado de forma eficiente nos dois lados das plantas.

O tutoramento vertical com fitilhos plásticos é atualmente o método mais indicado para o tomateiro. Esse tipo de tutoramento substituiu o tutoramento com estacas de bambu, é mais barato,

rápido e evita a proliferação de doenças. A estrutura consiste de um fio de arame colocado ao longo do canteiro, a uma altura de aproximadamente 2 m. O fio de arame é suportado nas extremidades por postes de madeira ou concreto.

Ao longo da linha de cultivo, podem ser colocadas estacas de bambu ou madeira para auxiliar na sustentação das linhas. O fitilho plástico é amarrado na base da planta ou em outro fio de arame esticado à altura do solo. Conforme a planta vai crescendo, ela é enrolada no fitilho vertical, até atingir a altura de desponte.

Uma forma de tutoramento que tem sido utilizada, principalmente no cultivo de tomate 'meia estaca', é o tutoramento com fios paralelos. Fios de arame ou fitilhos plásticos são colocados horizontalmente, no sentido da linha, distantes 0,30 m um do outro, até a altura desejada do cultivo (1,50 m a 1,60 m de altura).

2.5.6 Desbrota, capação e raleio de frutos

A planta de tomate emite uma brotação em cada axila foliar. Essa brotação deve ser removida logo no início de seu desenvolvimento para que a cicatrização ocorra rapidamente. Caso a brotação seja removida de maneira tardia, pode ser facilitada a entrada de patógenos no ferimento. A remoção, quando executada no início, pode ser realizada manualmente, sem a necessidade de tesouras ou de outras ferramentas. Dessa forma, também se evita a transmissão cruzada de doenças. Quando houver a necessidade da utilização de ferramentas, essas devem ser desinfetadas frequentemente, para evitar a proliferação de doenças, utilizando para isso uma solução de hipoclorito.

A remoção do meristema apical, denominada de 'capação', é realizada entre a 9.ª e a 11.ª pencas. O que determina o ponto de remoção do meristema apical é o estado fitossanitário e nutricional das plantas. Plantas bem nutridas e sadias podem ser conduzidas com até 13 pencas ou mais. A remoção do meristema deve ser realizada com ferramenta afiada, para diminuir os danos aos tecidos.

Para alguns materiais genéticos e em algumas condições onde é necessária produção de frutos maiores, pode ser realizado o raleio dos frutos nos racemos. Com o raleio, diminui-se o número de drenos, permitindo que cada unidade de fruto cresça mais.

2.5.7 Remoção das folhas baixeiras

Juntamente com o tutoramento vertical, a remoção das folhas localizadas na parte basal da planta é uma prática recomendada. Com o desenvolvimento da planta, em certo momento as folhas baixeiras passam a não mais receber radiação, deixando de ser uma fonte e passando a ser um dreno.

Essas folhas tendem a ser importantes na formação dos primeiros cachos, sendo que sua remoção precoce pode afetar a produtividade final da planta. A remoção deve ser iniciada após a colheita do primeiro cacho. Após a retirada deste, as folhas perdem sua função como fonte de fotoassimilados para a planta.

Esse manejo tem o objetivo de aumentar o arejamento entre as plantas, melhorar o aproveitamento da luz solar e diminuir a incidência e a transmissão de doenças e de pragas. Em contato com o solo, essas folhas tendem a ser porta de entrada para patógenos, além de formarem um ambiente favorável ao seu desenvolvimento.

A remoção das folhas basais precocemente pode ocasionar uma diminuição no suprimento de fotoassimilados para o sistema radicular, limitando seu crescimento. Essa limitação pode ter aspectos na produção, uma vez que um sistema radicular bem desenvolvido permite maior absorção de água e de nutrientes, que são primordiais para produções elevadas.

3 Pimentão

O pimentão tem seu centro de origem nas Américas. Foi na região tropical e subtropical do continente americano, desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile, que a espécie encontrou um nicho ecológico muito favorável para seu desenvolvimento e domesticação. Há indícios também de que o centro de origem esteja restrito à região central do México, e secundariamente na região da Guatemala, não se descartando a possibilidade de ter sido levado para a América do Sul na época pré-colombiana.

Séculos antes da colonização pelos espanhóis, o pimentão e a pimenta já eram consumidos pelos indígenas. Estudos arqueológicos revelaram a utilização dos frutos, juntamente com o tomate, desde o período neolítico. Há evidências da utilização de uma espécie de almofariz e pistilo, denominada em espanhol de *molcajete*, para triturar os frutos, utilizando-os para o preparo de molhos. Por fim, o pimentão acabou se convertendo na única espécie importante que os exploradores espanhóis levaram do Novo Mundo.

Apesar de ter seu centro de origem nas Américas, foi nos cultivos na região do mediterrâneo que a cultura ganhou destaque. Em 1493, a cultura foi introduzida na Espanha, expandindo-se para outros países da Europa, da Ásia e da África. Apesar da introdução ter ocorrido no século XV, na Espanha sua ascensão iniciou entre os séculos XVII e XVIII, chamando a atenção dos estrangeiros que passavam pelo país. Na Itália, mesmo sem ter o êxito que teve o tomate, o fruto passou a ser apreciado, principalmente pela sua utilização na preparação da *peperonata*. Apesar da boa aceitação mundial, é curioso saber que, em alguns países, como Alemanha, sua utilização só se popularizou em meados do século XX. No Brasil, sua introdução ocorreu em 1920, na região de Mogi das Cruzes, expandindo-se posteriormente para todo o território nacional.

Devido à sua versatilidade de uso, a cultura apresenta uma expansão anual. Atualmente, os maiores produtores mundiais são Índia, China, México, Turquia, Estados Unidos, Nigéria, Indonésia, Egito, Coréia e Itália.

3.1 Exigências ambientais e fisiologia

3.1.1 Temperatura

O pimentão é uma cultura muito exigente em temperatura, requerendo, para um desenvolvimento ótimo, temperaturas entre 18°C e 23°C. Para um crescimento ótimo durante o período vegetativo, temperaturas próximas a 23°C são mais adequadas. Para o período de desenvolvimento dos frutos, temperaturas mais próximas a 21°C são mais indicadas. Sob temperaturas inferiores a 18°C o crescimento da cultura diminui e pode inclusive paralisar.

Sob temperaturas elevadas durante o período vegetativo, a planta pode vegetar em excesso, diminuindo a produção. Além disso, no período reprodutivo, temperaturas elevadas podem ocasionar abortamento de flores e de frutos pequenos. É muito comum a ocorrência de temperaturas próximas a 50°C durante algumas horas do dia na maioria dos ambientes protegidos. Dessa forma, a ventilação eficiente da massa de ar presente no ambiente é muito importante, evidenciando a importância de estruturas que permitam a entrada e a saída de ar no ambiente. A planta é capaz de tolerar altas temperaturas, contanto que a umidade do ambiente também o seja, porém há perda na produção, aumento na proporção de frutos pequenos, coloração deficiente e aparição de podridão apical. Outro fator importante é a amplitude térmica entre o dia e a noite, que deve ser mantida entre 7°C e 9°C.

Atualmente, uma prática comum, mas controversa entre os produtores, é a remoção das primeiras flores formadas, permitindo que a planta cresça adequadamente, uma vez que são retirados possíveis drenos de fotoassimilados. Nesse caso, a condução da cultura sob temperaturas

mais elevadas durante o período vegetativo é favorável, aumentando o crescimento da planta e diminuindo a necessidade de mão de obra para a remoção das flores.

3.1.2 Luz

A planta de pimentão não é muito exigente em luminosidade durante todo seu ciclo, mas esta não pode ser muito baixa, principalmente durante o período de floração. Quando a radiação solar é muito baixa, como consequência de um sombreamento excessivo do cultivo ou da ocorrência de dias consecutivos de tempo nublado, há um significativo aumento na taxa de abortamento de flores, piorando ainda mais com a ocorrência simultânea de temperaturas elevadas.

Em condições de muito baixa luminosidade, ocorre o estiolamento da planta, aumentando a distância entre os entrenós e produzindo ramos finos, que muitas vezes são fracos para suportar a produção. Além disso, o número de flores diminui, além de produzir flores debilitadas, afetando a quantidade e a qualidade da colheita. Caso os frutos não recebam a quantidade de radiação apropriada durante seu desenvolvimento, tendem a não ter a coloração adequada quando maduros, diminuindo seu valor comercial.

Por outro lado, radiações excessivas também podem causar grandes prejuízos à produção. Sob condições de luminosidade excessiva, a produção total pode ser reduzida em 19% se comparada a plantas adequadamente sombreadas desde o transplante, e a produção comercial pode ser reduzida em 50%. A interceptação da radiação direta excessiva com telas de sombreamento e plásticos difusores reduz a incidência de escaldadura nos frutos e aumenta o seu tamanho, como um resultado do aumento do número de sementes por fruto. Além disso, é importante a manutenção das folhas na planta, através de um adequado manejo fitossanitário, uma vez que pragas e doenças podem reduzir a presença de folhas, as quais têm a função de sombrear o fruto.

3.1.3 Umidade relativa do ar

Para adequado desenvolvimento da planta, não são necessárias umidades muito elevadas, sendo ideal manter o ambiente com umidade entre 60°C e 70%. Valores elevados de umidade (superiores a 80%), associados a uma vegetação exuberante, favorecem a ocorrência de doenças dentro do ambiente protegido. Uma grande variedade de bactérias e de fungos necessita de umidade elevada ou de água livre na folha para se estabelecerem e/ou se desenvolverem; assim o adequado manejo da umidade é um importante aliado na redução da necessidade de aplicação de agroquímicos.

Umidades baixas, por outro lado, causam a formação de frutos deformados e pequenos, e quando associadas a temperaturas elevadas, provocam a queda de flores e de frutos pequenos. Sob condições de baixa umidade, ocorre a desidratação do grão de pólen, tornando-o inviável e fazendo que a flor não forme um novo fruto. Também ocorre o ressecamento do estigma não permitindo a perfeita conexão grão de pólen/estigma, o que prejudica a formação do tubo polínico. Ainda com relação ao grão de pólen, umidades elevadas levam o grão de pólen a absorver umidade do ambiente e se romper, impedindo também a fecundação. Portanto, na época de floração e de frutificação, em especial, é importante um adequado manejo desse fator.

3.1.4 Água

A cultura do pimentão é sensível tanto ao déficit quando ao excesso hídrico. A cultura é especialmente exigente em aeração, uma vez que é muito sensível à asfixia radicular. Portanto deve-se evitar o encharcamento e procurar controlar ao máximo o fornecimento de água, mantendo a umidade do solo uniforme durante todo o ciclo.

Um estresse hídrico leve, no início do desenvolvimento, imposto logo após o transplante, tem a vantagem de promover maior desenvolvimento radicular, em detrimento do desenvolvimento da parte aérea. Dessa forma, é prática recomendada após o transplante irrigar as mudas uma ou duas vezes, para garantira fixação das raízes. Uma vez verificada a mesma, a irrigação é suspensa, até serem visualizados sintomas de déficit hídrico, quando então se retoma a irrigação, conforme a demanda a cultura.

É importante salientar que a imposição do déficit hídrico deve ser feita apenas no período inicial de desenvolvimento. Durante o estádio de desenvolvimento da planta, apesar de a cultura ser moderadamente resistente ao déficit hídrico, pequenos estresses podem reduzir o desenvolvimento das folhas, reduzindo a área foliar, com reflexos diretos na produtividade, posteriormente. Em condições de campo, inadequado fornecimento de água à cultura afeta negativamente o crescimento e a produtividade do pimentão.

O período mais crítico com relação à demanda hídrica é durante a floração e o desenvolvimento dos frutos. A imposição de um estresse, mesmo que curto, nesse período resulta em um período vegetativo da planta mais longo, com o consequente atraso na colheita. A abscisão de flores e de frutos decorrente de um estresse hídrico é acentuada quando o estresse é associado a altas temperaturas.

Oscilações hídricas, mesmo que não ocorra déficit hídrico, podem resultar em rompimento da parede externa do fruto, causando pequenas rachaduras. Dessa forma, deve-se manter a umidade do solo o mais uniforme possível, através de irrigações frequentes e em pequenas quantidades.

3.2 Aspectos fisiológicos da cultura

3.2.1 Germinação de sementes

A germinação das sementes é lenta à temperatura ambiente, sendo retardada por temperaturas baixas. A uma temperatura de 25°C as sementes requerem 3,5 dias para a emergência da radícula; enquanto sob uma temperatura de 15°C a germinação pode demorar até 9 dias.

É comum o processo de germinação ser precedido por um período de dormência. A dormência pode ser superada armazenando as sementes por duas a três semanas a uma temperatura de 24°C. A velocidade de germinação também pode ser aumentada ao retardar a retirada das sementes dos frutos em 10 dias, após o fruto apresentar-se completamente maduro.

3.2.2 Crescimento vegetativo

Além da velocidade de germinação de sementes ser lenta, a velocidade de crescimento das plântulas é menor do que em outras espécies hortícolas. Estima-se, por exemplo, que o crescimento do pimentão seja 25% mais lento que o crescimento do tomate. Esse reduzido crescimento não é devido à baixa assimilação de CO_2, mas sim à baixa produção de área foliar. Plântulas de pimentão têm folhas mais espessas que o tomate, indicando maior tempo para atingir a mesma quantidade de área foliar. Em condições tropicais, a utilização de telas de sombreamento (de 25% a 50%) durante o período de desenvolvimento das mudas é recomendado, por aumentar a produção de área foliar, uma vez que, sob condições de sombreamento, as folhas tendem a ser mais finas. Dessa forma, permite-se aumentar a produtividade da cultura.

Além da radiação solar, o crescimento é fortemente influenciado pela temperatura do ambiente, que afeta tanto a taxa de produção de matéria seca, quanto o particionamento da matéria seca para as folhas. A massa seca total da planta e a área foliar são ótimas a uma temperatura de 20°C a 22°C. Temperaturas diurnas menores que as temperaturas noturnas também são cruciais para o crescimento vegetativo. Baixas temperaturas durante o período de crescimento comprometem

a produtividade por aumentar a espessura das folhas e reduzir a taxa de área foliar com relação à massa total da planta.

O crescimento das raízes é muito influenciado pelo meio de cultivo e pela técnica de propagação. Quando realizada semeadura direta, dependendo das condições do solo, o sistema radicular pode atingir até três metros de profundidade. Porém, quando a propagação é feita por meio de mudas, aproximadamente 80% do sistema radicular encontram-se nos primeiros 75 cm de profundidade.

3.2.3 Floração

A produção de flores de pimentão é pouco influenciada pelo comprimento do dia. O número de nós formados antes da iniciação floral parece ser pouco influenciado pelo fotoperíodo. Na maioria das condições de cultivo, as cultivares produzem uma flor terminal após formar oito a dez folhas no caule principal. Normalmente, doisramos surgem nesse ponto, dando origem aos ramos produtivos. Esses ramos vão terminar novamente em uma flor, ramificando-se mais uma vez.

O número de nós até a ocorrência da primeira flor é alterado principalmente pelas temperaturas noturnas. Quando a planta é submetida a temperaturas noturnas de 10°C, acontece um aumento de uma a duas folhas no caule principal. Apesar da influência da temperatura, não ocorre influência do status nutricional. Mesmo sob severo estresse nutricional, o número de nós não é alterado, embora se dê um retardo na emissão das flores.

3.2.4 Estabelecimento dos frutos

As flores de pimentão são consideradas autopolinizadoras, embora, ao contrário do tomate, as anteras e o estigma não se toquem. No campo, a presença de insetos polinizadores auxilia na transferência do pólen, aumentando o número de frutos estabelecidos. O movimento das plantas pelo vento também auxilia na transferência do pólen para o estigma. Em ambiente protegido, devido à ausência de ventos, a liberação de abelhas, em ambientes que não usam o plástico difusor, pode aumentar o estabelecimento de frutos, o número de sementes e aumentar o tamanho dos frutos produzidos.

Uma característica dos frutos de pimentão é a possibilidade dos mesmos serem estabelecidos partenocarpicamente, principalmente sob temperaturas baixas (temperaturas noturnas de 12°C a 15°C). A não formação de sementes se deve, em parte, à formação de pólen não viável, ou por ocorrência de ambiente desfavorável à fecundação do grão de pólen, como em casos de umidade relativa muito baixa. Apesar disso, o mecanismo pelo qual os frutos se desenvolvem na planta ainda não é conhecido.

3.2.5 Crescimento do fruto e maturação

O crescimento do fruto tem início com a formação do ovário, nos primeiros estádios de diferenciação da flor. É no período anterior à antese que a estrutura básica do ovário é formada, inclusive o número de carpelos a ser encontrado no fruto. A formação dos frutos de pimentão difere do tomate, por exemplo, no sentido de que o formato inicial do ovário indica pouco o formato final do fruto. De um ovário globular, pode surgir um fruto quadrado, ou um alongado.

A temperatura em que a planta está crescendo durante a pré-antese pode influenciar o formato do fruto. Plântulas que crescem a temperaturas próximas a 35°C tendem a produzir frutos com maior número de lóculos, sem aumentar o tamanho do fruto. Plantas que crescem sob temperaturas noturnas baixas (8°C– 10°C) apresentam flores com ovários maiores do que plantas que crescem sob temperaturas noturnas elevadas (18°C– 20°C). Mesmo assim, os frutos desenvolvidos a partir desses ovários não serão, necessariamente, maiores. De fato, o que acontece é que o desenvolvimento do

grão de pólen é reduzido a temperaturas mais baixas, resultando em frutos menores ou até mesmo sem sementes, decorrentes da inviabilidade do grão de pólen.

As condições ambientais após a antese também são determinantes no desenvolvimento do fruto. Existe uma relação linear positiva entre o número de sementes e o tamanho final do fruto. Condições que, de forma geral, limitam o crescimento da planta também reduzem o crescimento final do fruto.

Com o aumento do número de frutos por planta, o tamanho individual dos frutos tende a ser menor. Por outro lado, a limitação do número de frutos por planta faz que os frutos estabelecidos sejam maiores. Há também uma diferença na produção dos frutos que são comercializados imaturos e os que são comercializados maduros. No primeiro tipo, como o período em que o fruto fica ligado à planta é menor, permite-se à planta produzir um maior número de frutos, aumentando, consequentemente, a produtividade.

Os frutos de pimentão são considerados não climatéricos, devendo ser mantidos na planta até adquirirem sua coloração característica (cerca de 50%). Dessa forma, quando a produção é voltada para frutos maduros, sejam eles amarelos, alaranjados, vermelhos ou de outras cores disponíveis atualmente, a produtividade tende a ser menor. Nesse tipo de fruto, o tempo de permanência na planta é maior, atuando como dreno principal e diminuindo a translocação de assimilados para frutos novos que, muitas vezes, são abortados, ou tem seu desenvolvimento retardado em detrimento do desenvolvimento dos frutos maiores.

Assim como a maioria das plantas em estádio reprodutivo, o órgão de crescimento mais ativo nas plantas de pimentão são os frutos. A principal diferença do pimentão para outras hortaliças-fruto é que a atividade fotossintética nas folhas é mantida até o final do desenvolvimento dos frutos. No campo, caso as condições ambientais permitam, ocorrem 'fluxos' vegetativos e reprodutivos, de tempos em tempos.

O sinal mais claro de competição entre os órgãos da planta é a abscisão de flores e de frutos pequenos durante o período mais ativo de crescimento do fruto. Prevenir o crescimento de estruturas reprodutivas através da remoção das flores permite um crescimento mais rápido da parte vegetativa, formando uma planta adequada para uma boa produção.

3.3 Anomalias fisiológicas

3.3.1 Abscisão de flores

A abscisão floral é um dos principais problemas na produção do pimentão. Essa anomalia está associada à ocorrência de altas temperaturas, baixos níveis de luminosidade, estresse hídrico, presença de frutos em pleno crescimento na planta e alguns agentes bióticos, como vírus e algumas pragas. Em condições de estresse severo, ocorre o abortamento de praticamente todas as flores, levando a planta a permanecer no período vegetativo por mais tempo. Nesse caso, várias semanas são necessárias para retomar a produção de flores e, consequentemente, dos frutos.

O fator mais comumente associado ao abortamento de flores é a ocorrência de altas temperaturas. As temperaturas noturnas são mais importantes do que as diurnas nesse aspecto. A cultura exige temperaturas noturnas amenas para garantir a manutenção das flores na planta. Quando altas temperaturas noturnas são associadas com estresse hídrico, o abortamento de flores é aumentado, embora apenas o estresse hídrico não tenha tamanho potencial de causar o abortamento de flores. A ocorrência de períodos de baixa luminosidade também ocasiona o abortamento de um grande número de flores no cultivo de pimentão.

A aplicação de doses elevadas de nitrogênio também tem sido associada à ocorrência de abortamento de flores. Embora o mecanismo não esteja completamente elucidado, acredita-se que o nutriente aplicado em excesso promova um aumento na salinidade do solo, ou do sistema de cultivo, aumentando, de forma geral e desequilibrada, o crescimento da planta. Além disso, em sistemas com

adubação nitrogenada elevada, o principal resultado é o crescimento excessivo da parte vegetativa da planta, reduzindo o estabelecimento de flores, conforme discutido anteriormente.

A presença de frutos em pleno crescimento também pode aumentar o abortamento de flores e de frutos novos. A floração e o estabelecimento de frutos geralmente se concentram quando o fruto atinge seu tamanho final, passando a ser um dreno minoritário, ocorrendo em ciclos de estabelecimento e abscisão de frutos.

O principal método de controle do abortamento de flores é através da escolha de cultivares menos susceptíveis ao estresse. Ações secundárias que podem ser tomadas refletem no controle das principais causas do abortamento: altas temperaturas e baixa luminosidade. Para controle de altas temperaturas, uma ação importante é a utilização de microaspersão frequente no cultivo. Para o controle de baixa luminosidade, economicamente mais viável que o emprego de luminosidade sintética, é a aplicação de CO_2. Além disso, a aplicação de inibidores da ação do etileno apresenta eficiência comprovada na manutenção das flores e dos frutos jovens na planta.

3.3.2 Escaldadura

Quando frutos de pimentão são expostos à luz solar excessiva, uma vez que tenham atingido seu máximo crescimento, pode ocorrer o aparecimento de manchas esbranquiçadas, denominadas de escaldadura dos frutos. Esse dano fisiológico é causado por uma combinação de luz e de calor. Quando os tecidos atingem uma temperatura de 50°C, uma exposição à luz solar por apenas dez minutos é suficiente para causar o dano ao fruto. A uma temperatura de 38°C– 40°C são necessárias ao menos doze horas de exposição à radiação para originar o dano. A desordem prevalece em ambientes muito luminosos ou em ambientes protegidos com plástico comum (não difusor) e pode afetar seriamente a produção.

Em condições de altas temperaturas, porém sem luminosidade excessiva, ocorre o amolecimento do fruto, entretanto não ocorre o aparecimento das manchas de escaldadura. O dano é originado por uma combinação do aquecimento do tecido do fruto em ambientes com temperatura elevada, com a geração de radicais do ânion superóxido, que ocorre como um reflexo da ação da luz na clorofila sob altas temperaturas.

A fase em que os frutos são mais suscetíveis é quando apresentam o completo desenvolvimento e iniciam a mudança na coloração de verde para vermelho, ou outra cor característica. Frutos verdes em desenvolvimento são menos susceptíveis à desordem e frutos completamente maduros são pouco suscetíveis. É necessário que a clorofila esteja presente no pericarpo para que o dano ocorra com maior intensidade. A presença da enzima superóxido dismutase no tecido do fruto pode prevenir a ocorrência da escaldadura, uma vez que a enzima catalisa a formação de peróxido de hidrogênio e oxigênio.

Uma forma de prevenir o dano é condicionar o fruto à ocorrência simultânea de altas temperaturas e luminosidade. Para isso, os frutos devem ser submetidos a um estresse por temperatura em condições de baixa luminosidade. Uma das hipóteses é de que esse tratamento aumenta significativamente a atividade da enzima superóxido dismutase.

A utilização de telas de sombreamento nas horas mais quentes do dia é uma técnica plausível de utilização. Através dessas telas, é possível interceptar parte da radiação solar, diminuindo a possibilidade da ocorrência do binômio ‘temperatura elevada x radiação solar excessiva’. A utilização de plásticos difusores também pode reduzir a desordem por diminuir a luz direta.

A manutenção das folhas na planta tem importância direta na redução da ocorrência dessa anomalia fisiológica. Um adequado tratamento fitossanitário juntamente com podas bem planejadas e executadas garantem que as folhas assumam o papel de sombrear os frutos nos períodos de maior insolação. A principal dificuldade ocorre em cultivares que apresentam frutos demasiado grandes, em que o sombreamento completo do fruto é dificultado.

Melhoristas têm trabalhado no sentido de selecionar plantas que sejam menos suscetíveis ao dano. Os trabalhos voltam-separa a seleção de plantas com adequada produção de área foliar. Além disso, melhoristas, visando evitar a ocorrência desse dano, têm-se empenhado na seleção de cultivares que apresentam os frutos com colorações diferentes do verde quando imaturos. Atualmente existem materiais genéticos com frutos amarelos, creme e roxos enquanto imaturos, que não são suscetíveis à ocorrência desse dano.

3.3.3 Podridão apical

A podridão apical em frutos de pimentão aparece como uma mancha circular negra, principalmente no ápice do fruto, ocorrendo na fase do fruto verde (com seu crescimento completo) até o início da maturação. Apesar de o nome sugerir que esse colapso do tecido ocorra somente na região apical, também pode ser identificado nas paredes laterais do fruto.

Assim como na cultura do tomateiro, a podridão apical em frutos de pimentão ocorre em decorrência de uma deficiência de cálcio. Na maioria das vezes, essa deficiência é causada por uma falta de cálcio no sistema radicular. Porém, dada a imobilidade natural desse elemento e a dificuldade de transportá-lo de um órgão para outro na planta, a podridão apical pode ocorrer mesmo com adequados suprimentos de cálcio no solo.

Como o cálcio é transportado apenas pelo vaso condutor de água na planta, o xilema, quando a absorção de água é reduzida, o mesmo ocorre com a absorção de cálcio. Por isso, o fornecimento de quantidades adequadas de água, além de evitar a oscilação na disponibilidade hídrica, auxilia muito na redução da incidência dessa anomalia. A umidade do ambiente também tem papel importante. Baixa umidade relativa no ambiente de cultivo, associada com alta luminosidade e temperatura aumentam a transpiração das folhas, levando mais cálcio para as folhas do que para os frutos.

Algumas estratégias têm sido utilizadas para remediar a podridão apical. A principal é garantir que existam níveis adequados de cálcio no solo, além de garantir que não haja níveis elevados de nutrientes que possam competir pelo sítio de absorção. Altos níveis de magnésio e potássio são associados à ocorrência de podridão apical. Além disso, elevados níveis de nitrogênio, principalmente quando aplicado na forma de nitrogênio amoniacal, também pode aumentar a incidência da desordem.

Além disso, cuidado especial deve ser tomado na prática da fertirrigação, porque as fórmulas utilizadas para o fornecimento de cálcio são, na maioria das vezes, incompatíveis com outros adubos solúveis, ocasionando a precipitação de alguns sais. Na prática, verifica-se que, muitas vezes, as adubações com cálcio e com os demais elementos são realizadas em momentos muito próximos, fazendo que a imobilização ocorra na solução do solo. Dessa forma, por mais que o elemento esteja sendo aplicado, ele não se encontra disponível para a planta.

A aplicação de adubos que forneçam cálcio na parte aérea da planta, principalmente direcionada às flores, é uma técnica que pode ser utilizada, apesar de que deve ser empregada em conjunto com o controle do ambiente. Três a quatro aplicações de soluções de cloreto de cálcio e nitrato de cálcio (4 g L^{-1}), iniciando próximo à floração, têm sido suficientes para reduzir a incidência da podridão apical.

Discussões mais detalhadas a respeito dos aspectos fisiológicos da podridão apical são exploradas no capítulo referente à cultura do tomate.

3.3.4 Formato anormal do fruto

O formato do fruto é influenciado por temperaturas durante a formação do ovário ou pela ausência de sementes. A ausência de sementes, conforme discutido anteriormente, pode ser ocasionada por temperaturas baixas durante a fecundação. Esses frutos sem semente são menores,

com um pericarpo mais fino e formato irregular. Esses frutos se desenvolvem até o final e, embora tenham características organolépticas semelhantes a frutos normais, seu formato e/ou tamanho se encontram fora dos padrões comerciais.

3.4 Materiais genéticos - híbridos

Existe atualmente, no mercado, uma diversidade de híbridos de pimentão. Há um número variado de colorações e de formatos do fruto e a escolha do material utilizado deve ser baseada no mercado consumidor.

Além da demanda pelo mercado consumidor, a escolha da mesma deve levar em consideração o ambiente de cultivo. Os híbridos ou os materiais genéticos diferem quanto à adaptação ao cultivo em ambiente protegido e a céu aberto. No primeiro caso, quando é possível ter maior controle sobre as condições ambientais, podem ser utilizados materiais ou híbridos mais sensíveis. Quando o cultivo é realizado a céu aberto, híbridos ou materiais genéticosmais resistentes devem ser empregados, principalmente devido à sensibilidade da planta a condições extremas de temperatura e de umidade, que podem gerar um alto índice de abortamento de flores, comprometendo a produção.

Devido ao alto valor agregado, em ambiente protegido geralmente são implantados híbridos com frutos coloridos. Tradicionalmente, os mais empregadospara produção de frutos maduros são os de coloração vermelha, alaranjada e amarela. É importante considerar aspectos discutidos anteriormente na seção ‘Crescimento do fruto e maturação’ quando da produção desse tipo de fruto. Como nesse tipo de produção os frutos permanecem mais tempo na planta, eles atuam como o dreno principal, ocasionando abortamento de flores e de frutos novos, ou quando esses permanecem na planta, ocasionam um retardo em seu desenvolvimento. Levando em consideração que o rendimento desse tipo de cultivo é menor, justifica-se o maior valor obtido no cultivo de frutos maduros.

Atualmente, com o advento do melhoramento genético, existem frutos que apresentam coloração distinta da verde enquanto imaturos. Frutos de coloração creme, marfim e roxa estão disponíveis para a comercialização, apesar de ainda serem pouco expressivos frente à produção de frutos vermelhos, amarelos e alaranjados. A vantagem do cultivo desse tipo de fruto que é colorido, porém colhido imaturo, é que fisiologicamente a planta apresenta um ‘comportamento fisiológico’ semelhante ao verificado em plantas utilizadas para produção de frutos verdes. Como não é necessário aguardar a maturação do fruto na planta, os fluxos de produção são mais frequentes, uma vez que o fruto permanece menos tempo na planta. Dessa forma, o abortamento de flores e de frutos novos é menor, garantindo uma produção maior do que a obtida para frutos maduros. Além da vantagem da maior produção, uma característica é que, nesse tipo de produção, ainda existe o valor agregado devido ao fato de o fruto ser colorido, garantindo maior rentabilidade ao produtor.

Com relação ao formato, basicamente existem três tipos de fruto:o cônico, o quadrado e o retangular. O formato cônico tradicional continua sendo o mais cultivado,porém atualmente há um apelo do mercado por frutos de formato quadrado e retangular. Esses frutos são utilizados principalmente no preparo de pratos mais elaborados, em que o fruto é utilizado inteiro, com o mínimo de processamento, o que garante maior valor agregado aos frutos, principalmente do formato quadrado.

3.5 Produção de mudas

A produção de mudas, independentemente do cultivo, é uma das etapas mais importantes do cultivo. É através da implantação do cultivo por mudas de qualidade que se garante um stand ideal de plantas, o que permite um estabelecimento rápido, isento de pragas e de doenças, tendo reflexos diretos na produção final.

Nas últimas décadas, muitos produtores têm terceirizado a produção de mudas. A aquisição de mudas provenientes de viveiristas idôneos, que realizam a produção de mudas de acordo com a legislação existente, permite ao produtor investir esforços em outras etapas importantes do cultivo. A necessidade da utilização de mudas enxertadas foi um dos fatores que contribuiu para a grande expansão da produção de mudas por viveiristas especializados, visto que o controle do ambiente, nesses casos, é muito importante. Além disso, na produção por viveiristas, é mais fácil o controle de pragas, principalmente aquelas transmissoras de viroses.

A produção de mudas segue os mesmos procedimentos descritos no capítulo referente ao assunto. No que concerne à cultura do pimentão, alguns cuidados especiais são necessários. A escolha do tamanho das células deve levar em consideração a precocidade desejada, além das condições ambientais às quais as mudas serão submetidas. Quando a produção de mudas é realizada em células de volume pequeno, as mesmas vão para o campo com um menor tamanho. Consequentemente, o tempo necessário para o estabelecimento é maior. Já quando o cultivo é implantado com mudas maiores, o tempo para estabelecimento é menor, fazendo que as plantas tenham maior arranque inicial. Dessa forma, a produção tende a ser mais precoce; portanto, quando o produtor obtém um valor maior devido ao fato de a produção ser precoce, a implantação deve ser realizada com mudas produzidas em células de maior volume. É importante destacar que, apesar de a produção inicial ser maior, não necessariamente a produtividade final também o será. O que acontece na prática é que a produção final tende a se equiparar, independentemente do tamanho da célula.

A escolha do tamanho da célula é importante, uma vez que mudas que se desenvolvem em altas densidades (com volume de célula pequeno) tendem a tornar-se estioladas. Em ambiente protegido, a alta umidade relativa e a ausência de movimento do ar podem contribuir para o problema. Além disso, mesmo que as plantas não se apresentem estioladas, elas tendem a ser demasiado tenras no momento do transplantio. Quando essas plantas tenras são transplantadas, elas são extremamente suscetíveis a danos mecânicos e aos altos níveis de estresse verificados no ambiente de cultivo.

Algumas técnicas podem ser utilizadas para realizar o que se denomina de ‘rustificação’ das mudas. A ausência de movimento das plântulas é um dos motivos pelo qual as plantas se apresentam pouco lignificadas. Assim, a agitação das mudas por ar forçado dentro das estufas pode ser uma forma de rustificar as mudas por vento. Também podem ser utilizados para rustificar as mudas aplicação de hormônios, de defensivos e adubação rica em fósforo e potássio

Cuidados relacionados à adubação também devem ser tomados. Adubações abundantes em nitrogênio fazem que o crescimento da parte aérea seja exuberante, e o crescimento do sistema radicular não o acompanhe, levando a planta a ter menor relação raiz/parte aérea.

A exposição das plantas a condições mais estressantes de luz também ajuda a rustificá-las. Para isso, em viveiros que utilizam tela de sombreamento, essa deve ser retirada por mais tempo e colocada apenas nos horários de máximo estresse da planta, geralmente entre 11h e 15h. Além disso, uma técnica muito utilizada é a suspensão da irrigação por alguns períodos, o que auxilia na formação de folhas mais grossas e mais resistentes. Além disso, sob condições de estresse hídrico, a plântula tende a investir mais no sistema radicular, em detrimento da parte aérea, produzindo plantas com uma relação raiz/parte aérea mais elevada.

3.6 Transplante

Independentemente do método de cultivo adotado, alguns aspectos fisiológicos referentes ao transplante são importantes. Por mais cuidado que se tome, o transplantio causaum efeito negativo no status hídrico da planta. A dimensão desse efeito depende do estado de hidratação da planta antes do transplante, da quantia de raízes danificadas pelo processo, das condições climáticas após o transplante. O pimentão é uma espécie classificada como moderadamente tolerante ao transplante. É menos resistente que espécies como repolho, couve-flor, alface e tomate, que são extremamente tolerantes, possuindo uma taxa de sobrevivência extremamente elevada após colocadas no campo. Além disso, a cultura, assim como berinjela e cebola, é mais resistente ao transplante do que

espécies como feijão-vagem, abóbora e melão, as quais integram um grupo extremamente sensível ao transplante.

As relações hídricas das plântulas após o transplante são extremamente importantes para garantir uma alta taxa de sobrevivência. A planta é um sistema complexo, porém, com relação ao seu status hídrico, pode-se reduzir seu funcionamento à relação entre as entradas e as saídas. Portanto, para garantir o adequado turgor da planta, ações podem ser tomadas no sentido de aumentar a entrada de água ou de diminuir as saídas. As ações que visam diminuir as saídas, que envolvem o uso de transpirantes foliares ou de ácido abscísico (hormônio responsável pelo fechamento estomático), têm mostrado resultados importantes, porém sua recomendação carece de mais estudos. A remoção de folhas, uma técnica muito utilizada na propagação de plantas ornamentais, tem sua eficiência questionada. Apesar da remoção de folhas inicialmente reduzir a transpiração foliar, também vai reduzir a formação de novas raízes, o que posteriormente terá muita importância no suprimento hídrico.

Assim, a maioria das ações deve visar ao aumento das entradas de água na planta. O primeiro passo para aumentar a entrada é aumentar o volume de solo ocupado pelas raízes. Dessa forma, garante-se que as raízes tenham capacidade de absorver mais água e, consequemente, suprir os processos fisiológicos da planta, resultando em maior taxa de crescimento. Conforme mencionado no item 'produção de mudas', deve-se garantir, no início do desenvolvimento, uma elevada relação raiz/parte aérea.

Após o transplante, são recomendadas irrigações com grande volume de água, porém menos frequentes. Logo após o transplante, deve ser realizada uma irrigação 'pesada', para garantir que um grande perfil do solo seja mantido na capacidade de campo. Posteriormente, deve-se aguardar um período mais longo para realizar uma próxima irrigação. Dessa forma, as plantas tendem a investir mais no crescimento do sistema radicular, ao invés de investir na parte aérea. Quando as irrigações são frequentes, o crescimento do sistema radicular é menor, se comparado ao crescimento da parte aérea. Dessa forma, a planta apresentaria uma área de perda de água grande e uma área de captação pequena, diminuindo as chances de fixação das raízes. É importante salientar que o aumento da relação raiz/parte áerea não significa, necessariamente, aumentar o crescimento de raízes. O que acontece é que o crescimento da parte aérea cai em proporções superiores ao crescimento do sistema radicular.

Figura 7- Pimentão em início de condução.

Fonte: Os autores.

Quando as plântulas são transplantadas, elas geralmente apresentam uma murcha temporária. Um mecanismo hormonal ajuda na recuperação da planta. Esse mecanismo faz que o transporte de fotoassimilados para a parte aérea seja mais inibido do que o transporte de fotoassimilados para o sistema radicular.

3.7 Implantação

A cultura do pimentão, assim como a maioria das hortaliças, adapta-se à diversidade de tipos de cultivo. Tradicionalmente, o cultivo é realizado a campo, sem nenhum tipo de proteção. Esse tipo de cultivo é utilizado até hoje, principalmente para a produção de frutos verdes. Com o surgimento dos híbridos coloridos, que são mais exigentes quanto ao controle das condições climáticas, o cultivo passou a ser realizado em ambiente protegido. Dentro do ambiente protegido, o cultivo pode ser realizado tanto no solo, como no chamado 'cultivo sem solo'. Cada uma das formas de cultivo apresenta suas peculiaridades, que devem ser levadas em consideração. Levando-se em consideração a complexidade de cada um dos sistemas, buscamos elencar as principais características de cada um deles.

3.7.1 Cultivo a céu aberto

O cultivo a céu aberto traz a vantagem de apresentar menor custo de implantação, porque não são utilizadas estruturas que encarecem o cultivo. É importante, nesse tipo de cultivo, a escolha de materiais genéticos maisadequados. Mesmo que a maioria dosutilizados nesse tipo de cultivo sejam para colheita de frutos verdes, uma característica importante é que elas devem ser tolerantes às condições ambientais extremas e à oscilação de temperatura e umidade, uma vez que a espécie é altamente suscetível ao abortamento de flores e de frutos pequenos. A dificuldade no controle dos fatores ambientais talvez seja a maior dificuldade encontrada nesse tipo de cultivo.

Outra característica nesse tipo de cultivo é que o controle fitossanitário, muitas vezes, é dificultado, caso ocorram longos períodos de chuva, o que pode favorecer a incidência de doenças, ou mesmo dificultar a aplicação de produtos para o tratamento fitossanitário.

3.8 Tutoramento

Devido ao hábito de crescimento arbustivo da planta, aliado às altas produtividades verificadas nos híbridos modernos, é necessário fornecer algum tipo de suporte para a planta. O tutoramento tem duas funções básicas. A primeira é auxiliar a planta a suportar a produção, uma vez que os híbridos modernos possuem uma carga produtiva muito alta. A segunda função é melhorar a disposição dos ramos no sentido de assegurar maior ventilação e a incidência de radiação solar nos frutos, fator importante para garantir a coloração característica do fruto. Basicamente são utilizados três tipos de tutoramento na cultura do pimentão: tipo 'holandês' ou sistema vertical, espaldeira simples e espaldeira dupla.

Figura 8 - Condução do pimentão.
Fonte: Os autores.

3.8.1 Tutoramento vertical ou tipo holandês

Esse sistema de tutoramento é muito semelhante ao utilizado para tutorar a cultura do tomate em ambiente protegido. Consiste em tutorar cada ramo individualmente com o uso de fitilho plástico, suportado por um arame situado na parte superior da linha de cultivo.

Nesse sistema, são deixados de dois a seis ramos na planta, podando-se todos os demais que aparecerem. À medida que o ramo cresce, é enrolado a um fitilho vertical, que serve de suporte e que está amarrado a um ramo situado na parte superior da linha de cultivo, normalmente sujeito à estrutura do ambiente protegido. Para dar suporte ao arame, são colocadas estacas de bambu a cada

dois metros, para garantir que o peso das plantas não arrebente o arame ou danifique a estrutura do ambiente de cultivo.

Em geral, observa-se que frutos de maior calibre são obtidos com esse tipo de condução, principalmente quando são deixados apenas três ramos por planta. Isso demonstra que o pimentão responde aos incrementos de radiação solar promovidos pelo tutoramento e remoção dos ramos excessivos. Além disso, os frutos produzidos por esse tipo de tutoramento possuem paredes mais grossas e mais firmes, o que melhora sua aptidão ao transporte.

Apesar de se esperar, com esse tipo de condução, obter valor mais elevado de sólidos solúveis (graus brix) nos frutos, o que acontece, na prática, é que esse valor é menor nesse caso do que o obtido por frutos provenientes de plantas conduzidas em espaldeira. Isso acontece porque os frutos provenientes da produção em espaldeira, os frutos demoram mais tempo para atingir a coloração para colheita, visto que estão menos iluminados. Sendo assim, os frutos permanecem mais tempo na planta, levando ao possível acúmulo de sólidos solúveis.

Com esse tipo de tutoramento, também é possível aumentar a qualidade dos frutos, uma vez que melhora a aeração e a iluminação da planta e dos frutos. Também se facilitam a colheita e os tratos fitossanitários, devido à menor densidade dos ramos. O principal aspecto negativo é o gasto envolvido com mão de obra. Além disso, devido às podas frequentes, aumenta-se a chance de transmissão de doenças de uma planta para outra. Portanto é necessário que o produtor conheça a relação existente entre a colheita de frutos de maior qualidade e o maior gasto com mão de obra e risco de transmissão de doenças.

3.8.2 Espaldeira simples ou tutoramento horizontal

Esse tipo de tutoramento geralmente é o mais utilizado devido à facilidade de manejo. Consiste em sujeitar as plantas utilizando fitilhos plásticos situados um de cada lado da planta. A primeira fileira de fitilhos horizontais deve ser colocada a 0,20 m acima da bifurcação dos ramos e as demais a cada 0,25 m – 0,30 m, conforme a planta vai crescendo. Essas linhas paralelas, situadas uma de cada lado da planta, podem ser fixadas entre si, dando maior estabilidade aos fitilhos. Para amarrá-las entre si, pode-se utilizar arame ou até mesmo um pedaço de fitilho plástico. A cada 2 m – 3 m, devem ser colocadas estacas de bambu, ou fitilhos verticais, para que os fitilhos horizontais possam ser amarrados, conferindo maior estabilidade ao sistema.

Outra forma de melhorar é passar o fitilho horizontal em ‘zigue-zague’. Para isso, a cada 2 m – 3 m, deve ser colocada uma estaca de bambu. O fitilho é colocado de um lado das plantas e, ao chegar ao bambu, é passado para o outro lado da planta, enrolando-se o fitilho no bambu.

Independentemente da forma utilizada para dispor os fitilhos horizontais, na extremidade de cada linha,devem ser colocados palanques de madeira ou de concreto, devidamente fixados ao solo, garantindo que as linhas não se rompam.

O principal aspecto negativo desse sistema de tutoramento é a pouca ventilação, levando à maior dificuldade no manejo fitossanitário. Para auxiliar na ventilação, podem ser realizadas algumas podas nas plantas, principalmente abaixo da primeira bifurcação, garantindo melhor ventilação do sistema.

3.8.3 Espaldeira dupla

Nesse método de tutoramento, o princípio utilizado é o mesmo da espaldeira simples. A principal diferença consiste no fato de que, nesse caso, são colocadas duas fileiras de plantas sobre o canteiro, espaçadas entre 0,50 m – 0,60 m. Dessa forma, o fitilho é colocado na lateral de cada fileira dupla, ficando a parte interna do canteiro sem sujeitação.

O principal inconveniente, nesse caso, é que diminui ainda mais a ventilação das plantas; portanto sua adoção deve ser evitada em regiões com períodos frequentes de alta umidade relativa do ar, ou quando o cultivo é realizado a céu aberto, em regiões com chuvas frequentes durante o período de cultivo. A principal vantagem é que há considerável economia de material e de mão de obra.

3.9 Podas e desbrotas

Na primeira bifurcação da planta, podem surgir de duas a três hastes. Os brotos que se formam abaixo da primeira bifurcação devem ser eliminados de 2 a 4 semanas após o transplante das mudas. A retirada dos brotos deve ser realizada no início de seu desenvolvimento para evitar a necessidade de utilizar lâminas cortantes, que podem ser transmissoras de doenças de uma planta para outra.

As duas ou três hastes emitirão, a cada internódio, um broto (denominado de dicotomia), uma flor e uma folha. Nesse momento, é importante a tomada de decisão sobre a retirada de brotos, que darão origem a uma nova haste. Quanto maior o número de hastes deixadas na planta, menor o tamanho dos frutos e mais retardada é a colheita.

Quando o tutoramento é realizado através de espaldeira, geralmente são deixados os brotos localizados na parte externa da planta e são retirados os brotos localizados na parte interna, garantindo assim que a planta não tenha uma densidade de hastes muito alta.

Conforme mencionado anteriormente, frutos de maior calibre são obtidos em plantas tutoradas de maneira vertical, mantendo, no máximo, três hastes por planta. Nesse caso, é necessário remover as brotações que surgem em cada internódio. Levando em consideração que, em cada internódio surge apenas uma flor, reduz-se assim o número de frutos por planta. Porém, devido ao menor número de drenos e à maior interceptação de radiação solar, os frutos tendem a ser maiores, permitindo ao produtor obter maiores valores por sua produção.

A primeira flor que surge na bifurcação deve ser removida. Dessa forma, permite-se que a planta tenha um adequado crescimento da parte aérea, uma vez que, ao manter essa flor, ela se torna o dreno principal na planta e ocorre o crescimento do fruto em detrimento do crescimento da parte aérea. Essa adequada formação da parte aérea é importante para suprir os próximos frutos formados.

Às vezes, é necessária a remoção de alguns frutos, devido à alta densidade de ramos; pois um fruto pode pressionar o outro contra os ramos, causando sua deformação. Dessa forma, é importante a remoção de um dos frutos, de modo a evitar o desenvolvimento defeituoso.

Após o início da colheita, a remoção das folhas baixeiras da planta é importante e deve ser realizada na taxa de 1 a 2 folhas por planta por semana. No entanto, há que se tomar cuidado para não ser drástico demais, podendo acarretar em prejuízos na produção. A retirada dessas folhas permite maior ventilação no cultivo e reduz a presença de possíveis inóculos de doenças. Além disso, com o desenvolvimento da parte aérea, as folhas situadas na parte basal passam a ser sombreadas, diminuindo sua importância como fonte de fotoassimilados para a planta.

3.10 Colheita

A frequência com que se realiza a colheita depende principalmente dos preços e das condições climáticas que favorecem o desenvolvimento do fruto. Desde o transplante até a colheita, decorrem de três a quatro meses. Desde a antese até o início da maturação fisiológica, decorrem de duas a três semanas, sendo necessárias mais de quatro semanas para a colheita dos frutos maduros.

Figura 9 - Frutos em ponto de colheita.
Fonte: Os autores.

Figura 10 - Frutos para comercialização.
Fonte: Os autores.

A colheita de frutos verdes ou maduros depende do mercado para o qual a produção é destinada. Devido à dificuldade em se determinar o ponto de colheita visualmente, pode ser adotada a medida do teor de sólidos solúveis para o ponto de colheita. Frutos verdes devem apresentar valores superiores a 4,8 °brix, e frutos coloridos, valores superiores a 6,5 °brix. Porém, na ausência de um refratômetro para realização da leitura, é possível executar a colheita quando os frutos apresentarem mais de 50% de sua superfície com a coloração característica da cultivar. O ideal é que a colheita ocorra quando o fruto exibir 90% de sua coloração característica.

É recomendado realizar a primeira colheita com os frutos verdes, para diminuir a força de seu dreno e permitir um novo período de crescimento da parte aérea. Além disso, devido à pequena área foliar existente, é aumentado o risco da ocorrência de escaldadura, caso os frutos sejam submetidos à radiação solar excessiva.

A colheita deve ser realizada deixando o pedúnculo aderido ao fruto, para conferir maior durabilidade ao mesmo. O corte deve ser realizado com uma tesoura de poda ou uma faca afiada junto ao nó em que o fruto está inserido na planta. Dessa forma, a cicatrização do ferimento é mais rápida, além de diminuir os riscos de danos aos frutos.

4 Referências

AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira. Campo Grande: FNP Consultoria e Comércio, 2017.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetaçao e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: Editora UFV, 2007.

______. **Solanáceas**: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA, 2003.

KINET, J. M.; PEET, M. M. Tomato. In: WIEN, H. C. (Org.). **The physiology of vegetable crops**. New York: Cabi Publishing, 2002. p. 207-259.

LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora Unesp, 1998. p. 257-319.

PUIATTI, M. et al. Fisiologia do desenvolvimento do tomateiro. In: Espírito Santo (Estado). Secretaria da Agricultura, Abastecimento. Aquicultura e Pesca. **Tomate**. Vitória, ES: Incaper, 2010. p. 85-119.

RAIJ, B. V. et al. (Org.). **Recomendaçoes de adubação e calagem para o Estado de São Paulo** 2. ed. rev. Campinas: IAC, 1997. (Boletim técnico, 100).

SHIRAHIGE, F. H. et al. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.3, p. 292-298, 2010.

WIEN, H. C. Transplanting. In: WIEN, H. C. (Org.).**The physiology of vegetable crops**. New York: Cabi Publishing, 2002. p. 37-68.

Cucurbitáceas e outras

Rerison Catarino da Hora, Osnil Alves Camargo Junior e Ana Cláudia Buzanini

1. Introdução

Considerando a produção de alimentos e de fibras, a família das cucurbitáceas (Cucurbitaceae) pode ser considerada uma das mais importantes dentre as hortaliças-fruto. As cucurbitáceas apresentam uma distribuição tropical e subtropical e uma grande variabilidade genética, incluindo aproximadamente 120 gêneros e 850 espécies. No Brasil, há aproximadamente 30 gêneros e 200 espécies. Fazem parte dessa família a melancia (*Citrullus lanatus*), o melão (*Cucumis melo*), o pepino (*Cucumis sativus*), a abobrinha, a abóbora ou jerimum (*Cucurbita pepo*), a moranga (*Cucurbita máxima*) e outras.

A família Fabaceae é considerada, na sistemática vegetal, uma das maiores existentes. São encontrados representantes em várias regiões do mundo, sendo alguns não comestíveis e outros comestíveis. Entre as fabáceas comestíveis, destacam-se, nos dias atuais, no Brasil, o feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*) e a ervilha-torta (*Pisum sativum*). Como característica essencial para a comercialização, essas plantas apresentam, durante a fase reprodutiva, a formação de vagens (ricas em fibras) e de sementes ou grãos que se desidratam e se tornam secas, fase em que apresentam maior teor de nutrientes. Essas estruturas citadas anteriormente possuem variação quanto à forma e ao tamanho, dependendo do gênero, da espécie e até mesmo de cultivares dentro de espécie. É importante ainda destacar que vários gêneros e espécies da família reúnem diversas vantagens quando cultivadas, ou seja, além de serem ricos em nutrientes para a alimentação humana, não são muito exigentes quanto à fertilidade do solo, apresentam a capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico e são muito importantes na rotação de culturas, melhorando e/ou restaurando as características física e química do solo.

É necessário, ainda, citar a Rosaceae, pois é nesta família que temos a importante espécie cultivada, *Fragaria ananassa* ou morango. O seu cultivo vem apresentando um aumento relevante na produção nacional, que tem como objetivo principal suprir a demanda interna.

Vários são os representantes das famílias de hortaliças-fruto que ainda são pouco cultivados no Brasil e no mundo. Esse baixo cultivo pode estar relacionado a questões culturais e até mesmo à falta de informação a respeito das mesmas. Considerando as cucurbitáceas, podemos citar a cultura do maxixe (*Cucumis anguria* L.), do chuchu [*Sechium edule* (Jacq.) Swartz] e da bucha (*Luffa aegyptiaca* e *Luffa cyllindrica*) e, dentre os representantes ainda pouco utilizados das fabáceas, podemos destacar o grão de bico (*Cicer arietinum*L.)e a lentilha (*Lens culinaris* Medik.).

Portanto, com base na importância econômica e área de cultivo, será exposto, em seguida, sucintamente, o cultivo de algumas espécies representantes dessas famílias.

2 A família Cucurbitaceae

2.1 A cultura das Abóboras

2.1.1 Aspectos gerais

Utilizadas para diversos fins culinários, medicinais e ornamentais, as abóboras apresentam extrema importância econômica e social no mundo e no Brasil (Figura 1). Com base em dados da FAO de 2013, a produção mundial foi mais de 24 milhões de toneladas em uma área de quase 2 milhões de hectares. Entre os países maiores produtores, destacam-se a China, a Rússia e a Índia. O Brasil ocupa apenas a quinquagésima segunda posição. No ano de 2016, o volume de abóboras comercializado no CEAGESP de São Paulo foi de 39.897 toneladas e, até julho de 2017, já havia comercializado 25.856 (estes dados não consideram a abobrinha italiana).

Figura 1 - Diversidade de abóboras comercializadas nos mercados nacionais.
Fonte: Os autores.

Com a demanda a cada dia por alimentos mais saudáveis, o consumo dos frutos de abóboras e até de suas sementes tem aumentado, pois estudos têm revelado uma grande riqueza em vitaminas, minerais e fibras.

As abóboras apresentam uma grande diversidade genética de espécies, as quais devem ser ainda melhor estudadas. Muitas dessas espécies são armazenadas e cultivadas por pequenos produtores, sendo denominadas de cultivares crioulas.

Com base em toda essa diversidade, é importante frisarmos que algumas atividades de cultivo podem variar de espécie para espécie, porém destacaremos, à princípio, informações mais generalizadas ao gênero *Cucurbita*.

2.1.2 Descrição botânica, biologia floral, grupos e cultivares de abóboras

Pertencente à família Cucurbitaceae e a tribo das Cucurbitae, o gênero *Cucurbita* apresenta atualmente 27 espécies de abóboras, todas nativas das américas. Dentre essas espécies, as mais cultivadas são *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita argyrosperma* e *Cucurbita ficifolia*.

Dentro da espécie *C. pepo* há uma grande variabilidade de genótipos e de fenótipos. Geralmente podem ser observados espinhos nos caules e nas folhas, as quais são cortadas e os lóbulos angulosos. Outro atributo botânico de extrema importância para distinção das outras espécies está relacionado ao pedúnculo dos frutos, que apresenta divisões bem perceptíveis e não se alarga no ponto da inserção. As sementes são rugosas,com formato achatado e coloração esbranquiçada ou creme. As folhas podem ou não apresentar manchas prateadas. Representantes dessa espécie são as abóboras verdes, abobrinhas, alguns tipos de mogangos e abóboras tipo moita ou abobrinhas-italiana. A espécie é dividida em duas subespécies, a *Cucurbita pepo pepo* (as principais representantes cultivadas são as abobrinhas) e a *Cucurbita pepo ovifera* (algumas abóboras ornamentais).

C. maxima apresenta caules compridos, arredondados e macios. As folhas são grandes, sem divisões, lóbulos arredondados, sem pilosidade e sem manchas prateadas. O pedúnculo apresenta aspecto arredondado, corticoso e, após a floração, alarga-se e quebra. Uma película sempre cobre as sementes, as quais são ovais e espessas com coloração esbranquiçada ou marrom.

A espécie *C. moschata* tem as seguintes características: folhas lisas, manchas prateadas, com ângulos bem marcados, não cortadas e não são recobertas por uma grande quantidade de pelos; o pedúnculo é duro, angular e se achata no ponto de inserção com o fruto/as sementes normalmente apresentam coloração creme e são enrugadas. É importante destacarmos que as cultivares dessa espécie geralmente apresentam hábito de crescimento rasteiro.

Na década de 1930, os botânicos descreveram a espécie *C. mixta*, atualmente denominada de *C. argyrosperma*. Essa espécie apresenta folhas grandes com pelos, caules longos e pedúnculo achatado no ponto de inserção com o fruto. As sementes apresentam aspecto achatado e comprido.

A espécie *C. ficifolia* apresenta folhas com cavidades pronunciadas e com cinco lóbulos, sementes de cor preta e caules muito longos, os quais podem alcançar aproximadamente 15 metros. As cultivares dessa espécie geralmente apresentam frutificação em dias mais curtos.

As plantas de abóboras possuem flores com estruturas masculinas e femininas separadamente, ou seja, são plantas monoicas. Apesar de ocorrer autofecundação, a polinização cruzada prevalece, sendo as abelhas as principais agentes de polinização.

Nos dias atuais, podemos encontrar, no mercado brasileiro, diversas cultivares de abóboras, as quais apresentam uma ampla variabilidade genética e, consequentemente, distintas características morfoagronômicas, estádios fenológicos, exigências edafoclimáticas e tratos culturais. Por isso, é importante um estudo prévio por parte dos profissionais da área agronômica para que a recomendação da cultivar seja realizada de maneira acertada. Essa recomendação deve ser feita com base na preferência do consumidor, obtendo informações também a respeito de como funciona toda a cadeia produtiva local. Outro ponto importante a ser observado é a adaptação da cultivar ao ambiente de cultivo, lembrando que as espécies mais cultivadas apresentam exigências ao clima tropical, todavia algumas cultivares podem se desenvolver satisfatoriamente em locais com temperaturas amenas. Uma estratégia interessante ainda seria a adoção de cultivares com diferentes ciclos, pois assim o produtor atenderá o mercado consumidor em diferentes momentos, agregando valor ao produto. Graças ao melhoramento genético, atualmente, temos disponível, no mercado, híbridos com altas produtividades, boa qualidade de frutos e plantas resistentes a pragas e a doenças.

Dentre os principais grupos de abóboras, morangas e abobrinhas disponíveis para o cultivo, podemos citar as seguintes: Abóbora Ornamental, Baianinha, Butternut, Canhão, Caravela, Caserta, Exposição Coroa, Goianinha, Jacarezinho, Maranhão, Menina Brasileira, Mogango, Paulistinha, Sergipana, Redonda de moita e Tetsukabuto.

2.1.3 Exigências climáticas das abóboras e fenologia

Escassos são os estudos relacionados às exigências climáticas das abóboras e, devido à grande diversidade de plantas dentro e entre espécies, generalizações sobre o assunto se tornam muito arriscadas, ou seja, existem situações específicas para algumas cultivares que devem ser consideradas.

O período de semeadura direta ou indireta está relacionado às condições climáticas do local de cultivo. Em relação aos fatores climáticos, destacam-se a temperatura, a umidade e a luminosidade, pois os mesmos podem influenciar a produtividade, os estádios fenológicos e até mesmo a qualidade pós-colheita dos frutos.

As características ambientais do centro de origem e evolução das abóboras (Regiões tropicais da América) favorecem seu cultivo em regiões com temperaturas elevadas e algumas em temperaturas amenas (como as morangas e os híbridos interespecíficos), porém são intolerantes a geadas, que comprometem a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas. De maneira geral, as cucurbitáceas produzem bem sob temperaturas médias entre 18ºC e 30ºC, não tolerando temperaturas abaixo de 10ºC.

Outro fator importante é o fotoperíodo, que afeta principalmente a fase de florescimento das abóboras. Dias curtos contribuem para a formação de maior quantidade de flores femininas em comparação à formação de flores masculinas, o que consequentemente aumenta a produtividade, desde que ocorra uma polinização adequada.

É importante destacar que temperaturas entre 28ºC a 30ºC favorecem a ação dos principais agentes de polinização das abóboras, que são as abelhas.

Quanto aos fatores hídricos, as abóboras são exigentes a uma boa disponibilidade de água durante todo o seu ciclo. A exigência de água ocorre principalmente durante os estádios de florescimento e de desenvolvimento de frutos. Mesmo apresentando certa tolerância à falta de água, a irrigação tem-se mostrado de fundamental importância para o aumento de produção, principalmente em regiões onde as chuvas são irregulares. Contudo o excesso de água pode reduzir a produção por causa da diminuição da aeração do solo, da lixiviação de nutrientes e pelo aumento da ocorrência de doenças.

2.1.4 Épocas de plantio em função da região

De acordo com a literatura atual, o cultivo da abóbora o Brasil pode ser dividido em 4 macro regiões.

A maior parte da região Sul do Brasil compreende a macro região 1, a qual apresenta como característica uma boa distribuição de chuvas ao longo do ano, com verões quentese invernos frios, com possibilidade de geadas. A partir do exposto, a semeadura ou o plantio pode ser realizado a partir do mês de outubro, com a colheita até maio.Devemos lembrar que podem ocorrer exceções, como é caso da abobrinha que, quando cultivada em regiões menos frias, pode ser colhida até junho.

Grande parte do Centro-Oeste e do Sudeste formam a macro região 2. O clima é caracterizado por um período quente e úmido e outro seco, com temperaturas mais baixas. Cultivos em agosto ou de fevereiro a maio apresentam maiores produções, porém, em locais onde o inverno não é tão intenso, é possível produzir abóboras durante todo o ano, não devendo ser desconsideradas as exigências hídricas da cultura, ou seja, realizando a irrigação de acordo com a necessidade da cultura.

A macrorregião 3 é formada pelo Norte do estado de Minas Gerais, pela região Leste do Tocantins e por grande parte do Nordeste brasileiro. Essa macrorregião apresenta altas temperaturas durante todo o ano e poucos meses de chuvas. Agricultores desprovidos de irrigação devem iniciar o cultivo no início do período chuvoso, já aqueles que possuem sistema de irrigação podem realizar o cultivo em qualquer mês do ano.

A região Norte, o Leste do estado do Tocantins e o Mato Grosso formam a macrorregião 4, a qual apresenta temperaturas elevadas todo o ano. As chuvas são abundantes e, dependendo da intensidade, podem prejudicar a produção.

Pesquisas relacionadas à fenologia em abóboras evidenciam variações entre alguns tipos de abóboras. Todavia será usada como exemplo uma escala fenológica descrita para a abóbora Kabutiá, pois há relatos de ser a mais cultivada nacionalmente. Vale ressaltar que a pesquisa foi realizada nas condições ambientais da região central do Brasil.

O estádio de germinação das sementes, a emergência e a expansão completa das primeiras folhas verdadeiras compreendem um período de aproximadamente 12 dias após a semeadura.

A fase reprodutiva ocorre aproximadamente de 50 a 90 dias após a semeadura e da antese das primeiras flores à maturação do primeiro fruto. Aos 55- 65 dias observa-se o ápice da formação de flores. Esse período vai até a formação dos frutos definitivos.

Aos 105 dias aproximadamente, após a semeadura e da maturação do primeiro fruto à maturação de todos os frutos, observa-se a senescência da parte aérea.

Vale ressaltar que outros estudos relataram resultados fenológicos semelhantes. Esses trabalhos avaliaram as abobrinhas, os jerimuns caboclos, as abóboras baianinhas e algumas morangas.As morangas Exposição e Coroa apresentaram aproximadamente 15 dias a mais no total do ciclo; as abóboras denominadas de Jacarezinho, os jerimuns de leite e os mogangos, até um mês a mais no ciclo. A maior diferença relatada quanto ao ciclo está relacionado às abóboras Caravela e as Gilas, com 50 dias a mais.

2.1.5 Preparo da área de cultivo e plantio

Além de sistematizar a área para a semeadura ou transplantio das abóboras, o preparo do solo tem por objetivo também minimizar as dificuldades operacionais durante os estádios fenológicos da cultura, ou seja, facilitar os tratos culturais como a amontoa, o manejo da água, a movimentação do maquinário e das pessoas, entre outras atividades.

De maneira generalizada, o preparo do solo para a cultura da abóbora envolve a limpeza da área quanto às plantas daninhas ou aos restos de cultivos anteriores. A maneira como essa limpeza será realizada depende das condições tecnológicas (implementos) do agricultor. Após a limpeza da área, deve ser realizada uma aração seguida de uma gradagem. Se possível, deve ser realizada a irrigação da área de três a quatro dias antes da semeadura ou do transplantio. Entre as operações realizadas após a semeadura ou o transplantio, é recomendado que se faça o sulcamento da área, com o objetivo de controlar as plantas daninhas, diminuir a compactação, melhorar a aeração e a infiltração da água no solo.

2.1.6 Instalação da cultura

O produtor dispõe de duas possibilidades para instalação da cultura, ou seja, pode ser realizada a semeadura direta em local definitivo ou a produção de mudas (geralmente em bandejas de isopor) e o posterior transplantio. O uso de sementes de qualidade é de extrema importância podendo apresentar reflexos positivos ou negativos em qualquer fase da cultura, inclusive na produtividade. É recomendado que as sementes sejam tradadas quimicamente antes do momento da semeadura direta ou indireta para que o estande de plantas possa ser o mais uniforme possível, pois há evidências científicas de que fungos presentes no solo podem provocar o tombamento das mudas.

A semeadura direta apresenta como principal vantagem a redução de gastos com mão de obra, todavia o gasto com sementes é superior. A produção de mudas geralmente é indicada para o cultivo em áreas pequenas (no máximo 2 hectares), devendo ser utilizadas sementes de

cultivares superiores, as quais também apresentam maior custo. Para calcular o gasto de sementes em quantidade, deve-se considerar qual cultivar será utilizada e o espaçamento a ser adotado. Geralmente se gasta 0,6 kg ha^{-1} de sementes para abóbora-menina, 3,5 kg ha^{-1} para abóbora italiana, 0,5 kg ha^{-1}para abóbora rasteira, 0,8 kg ha^{-1} para moranga e minipaulista, 0,4 kg ha^{-1} para o híbrido Tetsukabuto (considerando que a cultivar Tetsukabuto apresenta macho esterilidade, recomenda-se, em média, 0,1 kg ha^{-1} do híbrido Ebisu como polinizadora).

A semeadura em local definitivo pode ser realizada em covas ou em sulcos. Três a quatro sementes são utilizadas em média na semeadura direta em uma profundidade de 2 cm. Em seguida, quando as plantas apresentarem de três a cinco folhas verdadeiras, deve ser realizado o desbaste, deixando duas plantas por cova.

A produção de mudas ou semeadura indireta deve ser realizada inicialmente em bandejas de isopor (com 72 células), pois, no momento do transplantio, as mudas não apresentarão danos nas raízes (pois as mesmas estarão protegidas com torrão), o que não prejudicará o desenvolvimento da planta. O transplantio deverá ser realizado quando a muda apresentar três folhas definitivas.

O hábito de crescimento, o comprimento das ramas e a época de semeadura devem ser levados em conta para que seja escolhido o melhor espaçamento e a melhor densidade de plantas. Geralmente, espaçamentos menores são adotados em períodos de temperaturas amenas e baixa umidade relativa do ar e espaçamentos maiores em períodos que apresentem temperaturas mais elevadas e chuvas intensas. Tem sido recomendado, na literatura, espaçamento de 4m x 4m quando se deseja a obtenção de frutos maiores e espaçamentos menores (4m x 1m) quando se desejam frutos menores. Vale lembrar, contudo, que o espaçamento pode variar com as características das cultivares.

2.1.7 Tratos culturais

Os tratos culturais realizados para a cultura da abóbora normalmente dependem do sistema de cultivo adotado, da cultivar utilizada e das condições financeiras do agricultor. Quando o sistema de cultivo for realizado por meio da semeadura direta, é recomendado o desbaste de plântulas (quando apresentarem de duas a três folhas definitivas, por meio de um corte realizado na parte basal), para que haja um número adequado de plantas na área de cultivo.

Durante a fase inicial da cultura, é interessante que sejam adicionados à área de cultivo, resíduos orgânicos vegetais, como palhadas. Deve-se tomar cuidado para que a camada dos resíduos não ultrapasse 15 cm de altura, o que poderá prejudicar a germinação.

Em vários sistemas de cultivo, inclusive no irrigado por sulco, é recomendado o trato cultural denominado de penteamento, o qual visa direcionar as ramas para longe do fluxo da água, evitando assim problemas com doenças, o impedimento do fluxo normal da água (quando houver irrigação por sulco) e facilitando a aplicação de produtos químicos, adubos e também a realização de capinas e da colheita. É importante ressaltar que o deslocamento das ramas deve ser realizado antes que as mesmas estejam presas ao solo, evitando danos físicos às gavinhas e às raízes, as quais poderão ser ‘porta’ de entrada para fitopatógenos. Por isso, esse trato cultural deverá ser realizado pelo menos uma vez por semana, durante o desenvolvimento das ramas.

Conforme comentado anteriormente, as abóboras são predominantemente alógamas, necessitando, para uma boa produção, de agentes polinizadores, sendo o principal deles as abelhas; todavia pode haver, dependendo da região, uma baixa frequência desses insetos. Assim, pode ser interessante para o produtor a utilização, na área de cultivo de colmeias desses polinizadores. Para algumas cultivares, principalmente as híbridas, tem sido recomendado intercalar, na área de cultivo, cultivares polinizadoras em uma proporção de aproximadamente de 20%. Outra opção pouco viável devido à grande mão de obra seria a polinização manual, prática geralmente adotada para pequenas áreas. Pesquisas recentes têm evidenciado que o uso de reguladores de crescimento (auxinas) pode induzir a frutificação sem a necessidade de haver a polinização.

No estádio fenológico de frutificação, recomenda-se ao produtor realizar o raleamento dos frutos; para isso, é necessário o monitoramento da área plantada para que sejam detectados e eliminados frutos anormais ainda em fase de desenvolvimento, o que evitará possíveis prejuízos ao final do ciclo da cultura.

O revolvimento e a cobertura dos frutos por meio de palhada ou até de folhas de papel com cola têm por objetivo a proteção dos frutos expostos aos raios solares, mantendo assim uma coloração adequada dos frutos, ou seja, frutos com boa aparência.

2.1.8 Fertilidade do solo

Com base em estudos relacionados à absorção de nutrientes, ficou evidente que, nos primeiros 40 dias após a semeadura da abóbora, o acúmulo de nutrientes ainda é reduzido. Dentre os principais macronutrientes, o potássio (K) é o mais absorvido por cultivares híbridas de moranga e, em sequência, o nitrogênio (N), o cálcio (Ca), o fósforo (P), o magnésio (Mg) e o enxofre (S). A ordem de absorção dos micronutrientes é Ferro (Fe) entre os mais absorvidos, manganês (Mn), zinco (Zn) e, entre esses, o menos absorvido é o cobre (Cu). É recomendado que o N e o K sejam aplicados em cobertura durante o período aproximado de 49 a 77 dias após a semeadura.

A aplicação de fertilizantes via foliar pode também ser realizada assim que constatada alguma deficiência. A aplicação de boro e de cálcio via foliar na pré-florada e durante a frutificação tem mostrado resultados significativos.

Vale ressaltar que a diagnose foliar e a interpretação dos resultados das análises químicas de amostras do solo e da análise foliar devem ser realizadas com muito critério, pois, como já comentado, devido à diversidade de cultivares, a tomada de decisão pode ser diferente para cada uma.

De acordo com a análise das amostras do solo, o produtor deve realizar a calagem de três a quatro meses antes do plantio, de preferência com calcário dolomítico e espalhado na área toda. Para a adubação, indica-se a aplicação de 10 a 20 dias antes da semeadura ou transplante, respeitando também a análise das amostras do solo. A aplicação do P pode ser realizada toda durante a adubação de plantio, dando preferência para adubos mais solúveis.

Para a adubação orgânica, tem sido recomendado aplicar 5 toneladas por hectare de cama de frango ou 10 toneladas de esterco bovino. A aplicação desses deve ser realizada pelo menos de 15 a 20 dias antes do plantio.

2.1.9 Pragas, doenças e plantas daninhas

As pragas, as doenças e as plantas daninhas das principais hortaliças-fruto serão discutidas separadamente nos capítulos referentes a cada tema, assim como suas respectivas medidas de controle. Dessa forma, aqui serão apenas citadas as de maior ocorrência para as abóboras.

As principais pragas que atacam a cultura das abóboras são as seguintes: mosca-branca (*Bemisia tabaci* Genn); mosca-minadora (*Liriomyza* spp.); pulgões (*Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* Sulzer); broca-das-cucurbitáceas (*Diaphania nitidalis* Cramer e *D. hyalinata* Linnaeus); mosca-das-frutas (*Anastrepha grandis* MacQuart).

Dentre as doenças bacterianas, podem ser citadas a mancha-angular (*Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans*), a podridão bacteriana nos frutos da abóbora (*Xanthomonas campestres* pv. *cucurbitae*) e a murcha bacteriana (*Erwnia tracheiphila*). Para as doenças fúngicas, são relatadas a mancha de *Alternaria* (*Alternaria cucumerina*), a antracnose (*Colletotrichum lagenarium*), a mancha de *Cercospora (Cercospora citrullina*), entre outras. Dentre as viróticas, há diversas que se manifestam por mosaico, causando prejuízos à produção, pois as plantas atacadas produzem menos

frutos e de qualidade inferior, podem ser citados como os mais comuns: mosaico, agente causal *Papaya ringspot* vírus – tipo W (PRSV-W) e mosaico-amarelo da abobrinha-de-moita, agente causal *Zucchini yellow mosaic* vírus (ZYMV).

Quanto às plantas daninhas, o maior problema é no início do estabelecimento da cultura, no qual a disponibilidade regular de água e a boa fertilidade do solo favorecem a germinação e o estabelecimento de densa população de plantas daninhas que podem limitar a disponibilidade de luz, de água e de nutrientes para as abóboras. Plantas daninhas como a corda-de-viola (*Ipomea* sp) crescem rapidamente e podem cobrir a cultura da abóbora por terem hábito trepador, restringindo a passagem de radiação fotossintética ativa.

2.1.10 Colheita

Cada espécie tem seu ponto de colheita apropriado. No caso de frutos verdes, a colheita de abóboras é iniciada dois meses após a germinação; já nos frutos maduros, será de 4 a 5 meses após a germinação.

2.2 Cultura da melancia

O cultivo da melancia [*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum & Nakai] no Brasil atualmente apresenta uma grande importância econômica e social, sendo cultivada (principalmente por pequenos agricultores) em diferentes tipos de ambiente, com baixo custo de produção quando comparado com outras hortaliças, com tratos culturais simples e um bom retorno financeiro.

Na década de 1970, a melancia adquiriu expressão comercial nas centrais de abastecimento (CEASAS), registrando-se, em 2016, um volume comercializado no CEAGESP-SP de 110.310 toneladas. Em seguida, na Tabela 1, serão descritos dados, por região e por período, da produção brasileira de melancia e área colhida.

Tabela 1 - Produção brasileira de melancia e área colhida

Regiões	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	*282.493 **15.755	*319.505 **17.031	*346.187 **17.869	*469.737 **21.160	*450.243 **23.937	*436.522 **23.297
Nordeste	*701.213 **34.682	*678.871 **35.188	*642.489 **32.259	*603.015 **28.194	*619.762 **28.137	*538.320 **26.685
Sudeste	*251.314 **9.061	*309.421 **10.716	*276.637 **10.119	*216.169 **8.070	*236.539 **8.752	*291.478 **10.964
Sul	*505.782 **25.756	*568.371 **24.047	*488.559 **23.734	*567.537 **24.313	*554.658 **23.903	*528.627 **24.476
C. - Oeste	*312.126 **9.692	*322.456 **10.736	*325.675 **10.631	*307.043 **10.284	*310.246 **9.646	*324.612 **10.543
Média (nacional)	*2.052.928 **94.946	*2.198.624 **97.718	*2.079.547 **94.612	*2.163.501 **92.021	*2.171.448 **94.375	*2.119.559 **95.965

*Produção em toneladas. **Área colhida em hectares.
Fonte: Agrianual (2018).

É importante destacar que o cultivo de melancia no Brasil pode ser irrigado ou de sequeiro. O cultivo em sequeiro não utiliza adubos e agrotóxicos. Já no cultivo irrigado, há condições favoráveis para o desenvolvimento de pragas e de doenças, o que influencia no rendimento da melancia, entretanto apresenta as vantagens de ter disponibilidade de água o ano todo, ser possível a escolha da época de plantio e ter o controle da irrigação em função do ciclo da cultura.

Posteriormente, serão abordadas resumidamente, informações importantes para o cultivo da melancia.

2.2.1 Descrição e classificação botânica

A melancia [*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum & Nakai] apresenta como provável centro de origem e evolução regiões secas da África tropical ou equatorial.

Atualmente, a melancia é cultivada em todo o território nacional e constitui uma das principais hortaliças-fruto da família Cucurbitaceae. É originária das regiões secas da África tropical, tendo um centro de diversificação secundário no sul da Ásia. Sua domesticação ocorreu na África Central, há mais de 5 mil anos. No Brasil, deriva provavelmente da cultivar *Citrullus lanatus* var. *citrioides* da África central, tendo sido introduzida na América somente no século XVI.

As espécies da família Cucurbitaceae apresentam desenvolvimento similar, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular. A melancieira é uma planta anual, que apresenta germinação epígea, ou seja, o hipocótilo eleva os cotilédones acima do nível do solo. Nesse tipo de germinação, a semente hidrata e intumesce, provocando ruptura do tegumento. A reorganização e a reativação metabólicas que se sucedem promovem a multiplicação celular, fazendo que os cotilédones possam ser elevados pelo hipocótilo acima do solo. A gêmula desenvolve-se formando as folhas permanentes e a radícula, que dará origem ao sistema radicular.

O hábito de crescimento da planta é rasteiro, com caules de consistência herbácea, rastejantes, angulosos, pilosos e estriados. As estruturas de fixação são as gavinhas, estruturas em espiral, presas ao caule.

O sistema radicular é extenso, do tipo pivotante, com predomínio de raízes nos primeiros 60 cm de profundidade. As folhas são geralmente grandes, com limbo peninérveo, base sagitada, reentrante, com lobos pontiagudos e voltados para baixo. As flores podem ser hermafroditas, masculinas ou femininas, são pequenas, solitárias, simples, axilares e permanecem abertas por um único dia, após o qual murcham e caem. Do ovário da flor resulta o fruto, que é um pepônio indeiscente, cujo peso pode variar de 1 a 3 kg (mini melancias) até mais de 25 kg. Os frutos têm forma redonda, oval ou cilíndrica, com epicarpo duro e espesso, liso, podendo conter listras verdes, mesocarpo de cor branca e endocarpo carnoso, suculento e, geralmente, avermelhado. Há cultivares que manifestam colorações de polpa amarela, laranja, branca ou verde.

2.2.2 Cultivares

As principais características a serem observadas na escolha da cultivar a ser plantada são adaptação das cultivares à região de plantio, resistência e/ou tolerância a doenças e a pragas, disponibilidade de insumos, forma de condução da cultura, resistência ao transporte, problemas com distúrbios fisiológicos e, principalmente, o mercado consumidor.

Dentre as principais cultivares de melancia plantadas no Brasil, podemos destacar Top Gun, Karistan, Petite Perfection, Charleston Gray, Santa Amélia, Madera, Rubin AG-08, Tiffany, Mirage, Electra, Preciosa e Pérola.

Atributos inovadores de algumas cultivares modernas têm ganhado mercado atualmente,a saber: as minimelancias e as melancias sem sementes.

As mini melanciassão híbridos de alta precocidade, que permitem maior adensamento no momento do plantio e possuem plantas mais compactas, o que facilita seu transporte e acondicionamento. Devido ao tamanho reduzido (Figura 2), são bastante adequadas para atender às necessidades de pequenas famílias, pois podem ser consumidas de uma só vez e ocupam menos espaço no refrigerador.

Figura 2 - Minimelancia em comparação ao tamanho de um fruto de melão.
Fonte: Os autores.

As melancias sem semente são híbridos autoestéreis, que produzem melancias globulares, sem sementes, com polpa vermelho-vivo, de alta qualidade sensorial e que pesam de 5 a 8 kg. Apresentam plantas mais vigorosas e resistentes, maior número de pragas e doenças, ciclo menor para a colheita e maior número de hortaliças-fruto por área. A desvantagem do produto é o alto custo, sendo por isso de comercialização ainda escassa no Brasil.

2.2.3 Época de plantio e condições climáticas

A época de plantio para a cultura da melancia deve ser concentrada nos meses mais quentes e secos de cada região, de modo que todo o ciclo da cultura possa ocorrer em condições climáticas favoráveis. No Brasil, a época é variável de acordo com a região, mas, de modo geral, predomina o período de agosto a dezembro. Caso o cultivo seja realizado em casa de vegetação, com controle de temperatura, intensidade de luz e umidade relativa do ar, o cultivo poderá ser realizado em qualquer época do ano em quase todas as regiões do Brasil.

Os fatores climáticos de maior importância para o cultivo de melancia são temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, quantidade e intensidade da luz e do vento.

Em relação à temperatura, não deve ser baixa, nem excessivamente elevada e a faixa ideal é variável de acordo com o estádio de desenvolvimento da cultura. Para a germinação das sementes, a faixa deve estar entre 25 °C a 28 °C; para o crescimento vegetativo, a mais indicada é a faixa de 21 °C a 30 °C; e para o florescimento, varia de 18 °C a 20 °C. Danos como a ruptura da casca dos frutos podem ocorrer em temperaturas acima de 35 °C, principalmente se associadas a vento quente, devido à alta transpiração e ao acúmulo de mucilagem nas células, que resulta em aumento

da pressão interna do fruto. Por outro lado, em temperaturas abaixo de 10 °C, a taxa de absorção de água pelas plantas diminui, as folhas ficam amareladas e os frutos malformados.

A umidade relativa do ar também é determinante para a cultura, sendo ideal a faixa entre 55 % e 80 %. Umidade relativa acima da ideal ou excesso de precipitação irão favorecer a incidência de doenças foliares, o que causa a redução da capacidade fotossintetizante da planta, resultando em redução da produtividade e da qualidade das frutas. Já a umidade relativa abaixo da ideal também poderá ser desfavorável ao bom desenvolvimento da cultura, pois estará mais suscetível à perda de água por evapotranspiração.

Quanto às chuvas, elevadas precipitações podem favorecer o desenvolvimento de doenças, além de promover a lixiviação ou percolação dos nutrientes do solo, o que pode interferir diretamente na produtividade e na qualidade da cultura. Outro problema está relacionado a solos com baixa capacidade de drenagem de água, pois o encharcamento irá prejudicar o processo respiratório das células radiculares podendo, em casos extremos, causar a morte das plantas.

A polinização também pode ficar prejudicada quando há fortes chuvas, pois as flores poderão ser danificadas e o trabalho dos agentes polinizadores ficará prejudicado. Por outro lado, as baixas precipitações podem ser prejudiciais especialmente na época de enchimento dos frutos, causando quedas na produtividade e na qualidade dos frutos, principalmente se não houver sistema de irrigação.

A luminosidade é outro aspecto importante, tanto a sua intensidade quanto o tempo de duração interferem diretamente na produtividade e na qualidade da melancia. A queda da produtividade está diretamente relacionada com a falta de luz para a cultura. Situações de dias longos e quentes, seguidos por noites quentes, são consideradas ideais para a cultura.

Outro fator climático que influencia no cultivo da melancia é o vento. Quando os ventos são muito fortes, podem ocasionar: ferimentos nas plantas, porta de entrada para microrganismos; disseminação mais rápida de doenças; abortamento floral; diminuição da polinização, devido à baixa mobilidade dos agentes polinizadores; redução das taxas de assimilação de dióxido de carbono, devido ao fechamento estomático já citado anteriormente. A ausência de ventos, por sua vez, também não é benéfica, pois possibilita a manutenção de microclimas desfavoráveis sob as plantas, ocasionando ambiente favorável para a proliferação de pragas e de doenças.

2.2.4 Solo

Os tipos de solo mais indicados para a cultura da melancia são os areno-argilosos de textura média, leves, profundos, bem drenados, com boa capacidade de retenção de umidade e sem camadas compactadas, o que contribui para o desenvolvimento do sistema radicular.

Quanto às características químicas, melhores rendimentos são observados em solos com pH entre 5,5 e 6,5, com alta capacidade de troca catiônica, baixa concentração de alumínio e manganês e ricos em matéria orgânica. A melancia pode ser cultivada em áreas de solos aluviais, não sujeitos à inundação, com boa fertilidade e drenagem interna.

2.2.5 Sistematização e preparo da área de cultivo

É um dos maiores fatores de importância para o sucesso da lavoura. Devem ser preferidos terrenos em localização estratégica para facilitar o transporte de insumos e o escoamento da produção, área próxima de fontes de água, topografia adequada ao sistema de irrigação, solos com boa capacidade de infiltração e de fácil drenagem, solos sem compactação e áreas sem cultivo de melancia ou outras cucurbitáceas nos últimos dois anos.

As operações de preparo do solo são subsolagem, aração, gradagem e sulcamento ou coveamento. A aração deve ser feita após a subsolagem, tem o objetivo de revolver o solo, enterrar a cobertura vegetal, incorporar os restos de cultura, esterco e corretivos, criando condições para instalação e condução da cultura. Deve ser feita na profundidade de 20 cm para garantir a quebra de camadas compactadas mais próximas à superfície. A gradagem pode ser feita para complementar a aração. O sulcamento deve ser feito a uma profundidade de 20 cm, seu principal objetivo é evitar o acúmulo de água no colo da planta e drenar o excesso.

2.2.6 Sistemas de cultivo

Os sistemas de cultivo mais recomendados para melancia são o convencional, o escarificado, o plantio direto e de cobertura.

Por outro lado, uma desvantagem é o favorecimento da erosão hídrica, pois a cultura da melancia não forma um dossel vegetativo capaz de cobrir inteiramente o solo, o que leva as áreas submetidas ao cultivo dessa hortaliça a processos erosivos intensos. No geral, é o sistema de cultivo mais oneroso, pois necessita do uso intensivo de máquinas, implementos agrícolas e mão de obra qualificada para sua instalação.

O sistema de manejo do solo denominado plantio direto ou semeadura direta consiste na manutenção da palha e de restos vegetais sobre a superfície do solo. A mobilização do solo ocorre apenas no sulco onde são distribuídas as sementes e os fertilizantes. O conceito pode ser entendido como o planejamento da área baseado na diversificação de espécies, na mobilização de solo apenas na linha oucova de semeadura, na manutenção permanente da cobertura do solo e na minimização do intervalo entre colheita e semeadura. Esse sistema tem um bom resultado para o cultivo de melancia.

No sistema de plantas de cobertura, a palha deixada por culturas de cobertura e os resíduos das culturas comerciais sobre a superfície do solo são responsáveis em grande parte pelo sucesso do Sistema de Plantio Direto, pois cria um ambiente favorável ao desenvolvimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e manutenção dos componentes físicos, químicos e biológicos do solo. A qualidade e a quantidade dos resíduos dependem do sistema de rotação deculturas, do tipo de planta de cobertura e do manejo que lhe é dado. Adaptação ao solo e clima, velocidade de crescimento e produção de fitomassa são as principais características a serem observadas na escolha de espécies para uso como plantas de cobertura.

2.2.7 Adubação

O primeiro passo para definir a quantidade de adubo que será aplicada antes do plantio é a realização de análise química do solo e, de acordo com os resultados da análise serão determinadas, com auxílio de um profissional engenheiro agrônomo, as doses a serem aplicadas para cada nutriente.

Após a emergência da planta, a absorção e o acúmulo de nutrientes são muito pequenos aos primeiros 30 dias; e aos 45 e 60 dias, a absorção alcança a máxima taxa de acumulação diária. O acúmulo de nutrientes no fruto tende a ser linear, entre seu surgimento e a maturação fisiológica, o que determina que nutrientes como nitrogênio e potássio, que são móveis no solo, devam ser aplicados em cobertura, para sempre estarem disponíveis para as plantas. Esses dois nutrientes devem ser aplicados em cobertura, com parcelamento recomendado em três vezes, sendo a primeira realizada 15 dias após o plantio ou transplantio e as outras espaçadas a cada 20 dias. Quando se usa fertirrigação, a adubação em cobertura pode ser realizada via água de irrigação.

2.2.8 Plantio e espaçamento

A melancieira, em cultivos comerciais ou domésticos, é propagada, na maioria dos casos, por sementes, devendo-se considerar, na escolha da cultivar, a qualidade da semente e seu local de aquisição para que haja garantia do sucesso de implantação do cultivo.

A forma de semeadura utilizada pode ser direta ou indireta, sendo a escolha realizada de acordo com o material, o recurso financeiro, a área disponível e o nível técnico de conhecimento da mão de obra, pois ambas apresentam vantagens e desvantagens.

A semeadura direta evita danos ao sistema radicular, por não necessitar de transplantio. Podem ser colocadas até seis sementes por cova, sendo que, quando se utilizam híbridos, aconselha-se a semeadura de uma ou duas sementes por cova ou recipiente. No caso de mais de uma semente, deve-se fazer o desbaste das mudas quando as plântulas começarem a emitir a segunda folha. Podem ser utilizadas duas formas para a semeadura direta, em sulcos abertos com semeadeiras mecânicas, ou em covas de 40 x 40 x 25 cm. A profundidade deve estar entre 1 a 4 cm e o tempo de germinação pode variar de 7 a 20 dias, dependendo da temperatura e da umidade do solo.

A produção de mudas para transplantio ou semeadura indireta exige cuidados específicos, como escolha do substrato, do recipiente e do ambiente para a produção. Para as mudas de melancia, dois tipos de bandeja têm sido mais utilizados, as de 128 células, com profundidade de 6 cm, e as de 72 células, com profundidade de 12 cm, sendo que, neste último caso, o transplantio das mudas pode ser feito mais tardiamente, quando as plântulas emitem a quarta folha definitiva, enquanto no primeiro caso o transplantio é realizado no aparecimento das duas primeiras folhas definitivas.

2.2.9 Espaçamento

O espaçamento é de extrema importância para a cultura da melancia, pois determina a finalidade da produção a partir do nível de adensamento utilizado. Espaçamentos menores produzirão maior número de frutos, porém de menor tamanho e peso, tanto pela competição acima quanto abaixo do solo. No sistema radicular, ocorre competição por água e nutrientes do solo, reduzindo tamanho e peso dos frutos; já na parte aérea, a competição é por luz, pois quanto maior o sombreamento que as plantas provocam umas nas outras menores serão as taxas fotossintéticas, o que resulta em menor produtividade.

Os espaçamentos utilizados dependerão da preferência do mercado consumidor. No mercado interno, os frutos grandes são mais aceitos; por outro lado, no mercado externo, como na Europa, frutos menores são desejáveis. Em geral, podem ser de 0,80 metros (m) entre plantas e 2,00 m entre linhas para a maioria das cultivares que produzem frutos grandes, ou seja, acima de seis quilos, e para as cultivares dos grupos das minimelancias e das melancias sem sementes, que produzem frutos menores, o espaçamento de 0,30 a 0,50m entre plantas e 2,00 m entre linhas.

2.2.10 Tratos culturais

Desbaste de plantas

O desbaste é feito no sistema de plantio com sementes, quando as plantas apresentarem de três a quatro folhas definitivas. Devem ser mantidas as plantas mais vigorosas eo número de plantas por cova pré-estabelecido, de acordo com o espaçamento e a finalidade da produção de frutos. O desbaste deve ser realizado com uso de tesoura ou de canivete bem afiados, uma vez que o arranque manual pode prejudicar o sistema radicular das plantas que permanecerão no solo.

Condução das ramas ou penteamento

Consiste em retirar as ramas de dentro dos sulcos de irrigação e das vias utilizadas para circulação de pessoas, implementos e máquinas. Essa operação deve ser realizada até três vezes antes da frutificação. Além de facilitar as capinas, as pulverizações e a colheita, evita o apodrecimento dos frutos causado pelo contato com água ou por danos mecânicos.

Polinização

Esse trato cultural afeta diretamente a produtividade dos cultivos de melancia, sendo realizado principalmente por abelhas que visitam flores masculinas e femininas que se localizam separadamente na mesma planta, que é uma espécie alógama. Cada flor permanece aberta por apenas um dia, e a abertura ocorre 1 a 2 horas após o aparecimento do sol, e o fechamento, à tarde.

A presença de abelhas durante a fase de florescimento é fundamental para aumentar a frutificação e a produtividade, melhorando a qualidade e reduzindo o número de frutos defeituosos. Cada flor deve ser visitada pelo menos oito vezes, por isso aconselha-se a instalação de duas colmeias por hectare próximas à cultura quando houver escassez de abelhas no local; além disso, devem-seevitar pulverizações com inseticidas durante a fase de florescimento, principalmente pela manhã.

Desbaste de frutos

Também chamada de raleamento, a técnica consiste na eliminação do excesso de frutos, retirada dos frutos defeituosos, com podridão estilar (fundo preto) e com doenças, pois, além de as plantas direcionarem energia para frutos que não serão comercializados, a presença dos mesmos inibirá o pegamento de outros frutos de qualidade na planta. No geral, são deixados aproximadamente de um a três frutos por planta.

Proteção da parte inferior dos frutos

O contato direto dos frutos com o solo deve ser evitado, principalmente em épocas chuvosas. Entre o solo e os frutos, devem ser depositados palha de arroz, capim seco ou similar, evitando-se o apodrecimento de frutos e a ‘barriga-branca’, o que interfere na aparência do fruto e influencia no preço do produto no mercado.

Rotação de cultura

Assim como para outras culturas agrícolas, para a melancieira, essa técnica de cultivo também é de extrema importância. Depois da colheita, deve-se plantar outra cultura de espécie e família diferentes da melancia, não sendo indicados plantios de melão, abóbora, maxixe ou pepino na mesma área, ou outra espécie da família cucurbitaceae. Podem ser plantados feijão, cebola, milho, tomate etc. O plantio sucessivo de plantas da mesma família na mesma área favorece o ataque de pragas e de doenças e, consequentemente, diminui a produção e a qualidade dos frutos.

Colheita, pós-colheita e comercialização

A melancia é classificada como um fruto não climatérico; por esse motivo, deve ser colhida com as características ótimas para consumo, já que não terminará seu amadurecimento fora da planta mãe. Frutos colhidos precocemente podem apresentar sabor incipiente, o que prejudicará sua aceitação pelo consumidor.

O ponto de colheita da melancia pode ser determinado por meio de alguns indícios práticos, como o som oco ao bater com a mão fechada na parte inferior do fruto, a mudança de coloração em frutos que apresentam 'barriga-branca', no qual a região esbranquiçada passa a amarelada, e o secamento da gavinha mais próxima ao fruto. Entretanto o ideal é que o produtor faça uma amostragem, colhendo alguns frutos para verificar a cor da polpa, bem como se a mesma se apresenta firme e adocicada.

A colheita é realizada manualmente, com auxílio de tesoura ou faca, devendo-se manter aproximadamente 4 centímetros do pedúnculo preso ao fruto para reduzir o risco de patógenos. Outro cuidado importante é evitar danos mecânicos aos frutos, provenientes de manuseio incorreto, o que pode ocasionar ferimentos na casca, reduzindo sua aceitação pelo consumidor no momento da compra.

O transporte, geralmente, é realizado a granel, em caminhões. Imediatamente após a colheita, os frutos devem ser colocados em um local sombreado, seco e ventilado. No momento da comercialização, o produto é vendido por quilo e os preços pagos variam de acordo com sua classificação e proximidade do centro consumidor. Pode ser comercializada inteira, em metades ou pedaços menores cobertos por filme plástico.

2.3 Cultura do melão

As cultivares conhecidas de melão produzidas e comercializadas em todo o mundo pertencem ao gênero *Cucumis*, da família Cucurbitaceae, e espécie *Cucumis melo*, cujo centro de origem ainda causa discordância em estudos, divergindo entre África, região nordeste da Ásia e Austrália.

As plantas pertencentes a essa espécie morfologicamente são eudicotiledôneas perenes na natureza, mas cultivadas como plantas anuais, herbáceas, de hábito rasteiro ou trepadeiro (proporcionando oportunidade de cultivo tutorado), provido de nós com gemas, de onde se desenvolvem gavinhas, folha e novo caule ou ramificação, que apresenta sistema radicular fasciculado com crescimento abundante nos primeiros 30 cm de profundidade no solo. As folhas são de tamanho variável, alternadas, simples, ásperas, providas de pelos, limbo orbicular, reniforme, pentalobadas, com as margens denteadas.

As plantas podem ser monoicas, ginoicas ou, em sua maioria, andromonoicas (flores masculinas e hermafroditas). As flores são de coloração amarela, com cinco pétalas. Em relação aos frutos, são bagas carnudas, com sua morfologia variada quanto ao tamanho e ao formato, que pode ser achatado, redondo ou cilíndrico. A casca pode ser lisa, ondulada ou rendilhada, em cores branca, preta, amarela, verde ou marrom.

A polpa pode ser de coloração branca, salmão ou vermelho, com ou sem aroma bastante característico, e a textura pode ser crocante ou dissolvente. Os frutos do meloeiro são ricos em vitaminas A, B, C e E, e em minerais como ferro e cálcio, essenciais para uma boa saúde.

Estudos indicam que a cultura do melão começou a ser realizada pelos egípcios por volta do ano 2400 a.C., e a partir daí foi difundida por todo o mundo, o que deu origem a uma vasta gama de variedades encontradas atualmente. No mundo, são consumidos mais de 200 milhões de toneladas. Desse total, o Brasil se destaca entre os maiores exportadores para países da União Europeia. A produção brasileira está concentrada na região Nordeste devido às suas características climáticas, mas o Estado de São Paulo está se destacando com a produção de melões considerados nobres sob cultivo protegido, enquanto na região Nordeste a produção está voltada, em sua maioria, para produção de melão amarelo.

2.3.1 Cultivares

Pela classificação de Robinson e Decker-Walters (1997), os melões cultivados pertencem a dois grupos botânicos, conforme exposto a seguir.

Cucumis melo var. *inodorus*: os frutos deste grupo têm como principais características a ausência de aroma e serem não climatéricos. A casca é lisa ou levemente enrugada, de coloração amarela, branca ou verde-escura. Esses frutos apresentam uma longa vida útil após a colheita, por serem resistentes à compressão e à perda de água. A polpa apresenta coloração branca a verde-clara e tem alto teor de açúcares. Os frutos pesam entre 1 e 2 kg. Os frutos desse grupo são os mais produzidos na região Nordeste, em campo aberto, de forma rasteira, e consequentemente conhecidos pelos consumidores, sendo estes o melão amerelo, pele de sapo e Honeydew.

Figura 3 - Melão amarelo valenciano.
Fonte: Os autores.

Cucumis melo var. *cantaloupensis*: Neste grupo botânico, estão variedades consideradas nobres, em sua maioria cultivadas em sistema de condução sob cultivo protegido. Têm como características seu aroma e pouca vida útil pós-colheita, por serem frutos climatéricos, menos resistentes à compressão e à perda de água. São frutos cuja polpa tem grande diversidade de coloração e maior concentração de açúcares. Os frutos são esféricos, ligeiramente achatados. Dentro desse grupo, encontram-se as variedades Cantaloupe, Gália e Charentais.

Figura 4 - Melão rendilhado Sun Rise.
Fonte: Os autores.

2.3.2 Fatores que afetam a cultura

Temperatura

A cultura do meloeiro é extremamente exigente em temperaturas elevadas, diurnas e noturnas, tanto no ar como no solo, ao longo do seu ciclo de vida. Temperaturas baixas prejudicam desde a germinação e emergência, desenvolvimento vegetativo até a fase reprodutiva. Há de se compreender que cada cultivar apresenta limites térmicos específicos, mas, de maneira geral, temperatura do ar inferior a 13°C e/ou temperatura do solo inferior a 14°C são prejudiciais à cultura, paralisando o crescimento vegetativo. Mesmo sendo uma cultura exigente em altas temperaturas, é importante salientar que temperaturas acima de 40°C, também são prejudiciais à cultura por promoverem aumento na respiração, o que afeta o desenvolvimento. Portanto, em consenso, a temperatura ideal para o desenvolvimento do meloeiro se encontra na faixa de 25°C a 35°C.

Como dito anteriormente, a temperatura afeta também a fase reprodutiva da cultura, sendo de suma importância para o florescimento. Temperaturas acima de 35°C estimulam a produção de flores masculinas, enquanto temperaturas noturnas de 20°C e diurnas de 25°C induzem a produção de flores hermafroditas. Temperaturas diurnas superiores a 28°C, associadas a temperaturas noturnas elevadas, podem ocasionar abortamento das flores.

No caso de cultivo com polinização aberta, ou seja, com participação de insetos polinizadores, a temperatura também é um fator importante, sendo considerada a faixa ideal para que os insetos estejam ativos mais intensamente de 28°C a 30°C.

Água no solo e Umidade Relativa do Ar

Em relação ao fator água, a cultura do meloeiro é pouco exigente. Se houver excesso desta no solo, haverá alteração nos processos químicos e biológicos, limitando a quantidade de oxigênio e acelerando a formação de compostos tóxicos na raiz durante o desenvolvimento vegetativo e, no final da frutificação, o excesso de água prejudica a qualidade dos frutos, afetando sabor e capacidade de conservação. O déficit hídrico principalmente na fase de florescimento e de frutificação (fases mais exigentes em água) pode acarretar em decréscimo da produtividade.

A umidade relativa do ar deve ficar na faixa de 65% a 75% durante o período vegetativo da cultura; acima dessa faixa, a qualidade dos frutos será afetada em relação ao sabor, bem como ao tamanho, além de deixar a planta suscetível a doenças fúngicas e bacterianas.

Aeração

Associada à necessidade de água, a areação do solo é de suma importância para que haja boa drenagem e, consequentemente, o fornecimento em alta quantidade e, assim, as raízes possam se desenvolver de forma adequada, absorvendo nutrientes do solo. Uma boa aeração do solo possibilita que, caso as plantas tenham de enfrentar temperaturas acima da faixa ideal, possam continuar a absorver nutrientes e controlar a abertura dos estômatos, afim de diminuir os efeitos negativos dessa temperatura e os prejuízos na fotossíntese.

2.3.3 Estádios fenológicos

Germinação

Para que a cultura se desenvolva de forma adequada, a semeadura deve ser realizada atentando-se aos fatores de temperatura, oxigenação e umidade em que se encontram os substratos, fatores anteriormente discutidos que devem ser considerados desde a germinação.

A manutenção da umidade do substrato próximo à capacidade de campo proporcionará uma germinação mais rápida e uniforme, bem como, em temperaturas ideais, proporcionam uma germinação mais rápida.

A atenção a esses fatores deve ser dada, devido ao elevado preço das sementes de melão (principalmente as variedades consideradas nobres e cultivadas sob cultivo protegido), bem como ao desenvolvimento da planta como um todo, uma planta que incialmente não foi submetida a condições ideais de desenvolvimento pode vir a comprometer a produção final.

Crescimento vegetativo

Como já discutido anteriormente, a cultura do meloeiro apresenta algumas exigências quanto à temperatura, à umidade e ao solo. Fornecendo-se as estas condições ideais, a planta apresenta crescimento rápido: pode vir a crescer 4,0 cm durante o dia e 3,0 cm durante a noite.

O crescimento rápido está relacionado à capacidade de trabalho longa das suas folhas, após a germinação cada folha pode vir a realizar fotossíntese por aproximadamente 75 dias, com pico máximo nos seus primeiros 15 dias. Vale ressaltar que não se deve pensar em fornecer nutrientes em excesso visando a folhas maiores, pois uma área foliar além do normal irá prejudicar o desenvolvimento dos frutos.

Florescimento e frutificação

Após uma ótima condução durante o crescimento vegetativo, inicia-se o estádio de florescimento e consequentemente a frutificação. A floração em meloeiros considerados nobres começa com aparecimento das flores masculinas duas a três semanas antes das flores hermafroditas, sendo estas, na maioria das vezes, em menor quantidade do que as masculinas.

Para que as flores hermafroditas sejam emitidas, são necessárias temperaturas diurnas de 20°C e noturnas de 25°C, bem como fotoperíodo de dias longos associado a um crescimento vegetativo ideal. Caso a planta apresente-se muito vigorosa, pode haver um atraso da emissão das flores.

A polinização das flores é necessária, podendo ser realizada por insetos, principalmente abelhas, associada ou não à polinização manual. As abelhas como as plantas têm suas exigências quanto à temperatura, sendo a faixa ideal para sua visitação entre 24°C e 35°C, com maior atividade no período da manhã e, consequentemente maior produção de pólen nesse período. Em situações de temperaturas muito altas ou baixas, e/ou em ambientes protegidos, deve-se realizar a polinização manual para uma maior segurança para que ocorra frutificação. É um método simples, que também deve ser realizado no período da manhã, colocando a flor masculina em contato com hermafrodita.

Após a polinização e a consequente fecundação, inicia-se o desenvolvimento e o crescimento dos frutos; para que isso ocorra adequadamente, as exigências de temperatura e o acúmulo dessa são necessários. Para melões cultivados em cultivo protegido, a temperatura diurna deve estar entre 25°C e 30°C e a noturna entre 15°C e 20°C, com ligeiras quedas no período do décimo quarto ao vigésimo dia após a polinização.

A temperatura acumulada é a somatória das médias diárias entre a máxima e a mínima durante o período que vai da polinização à colheita, sendo específica para cada cultivar, para que os frutos apresentem a qualidade desejada quanto aos sólidos solúveis, à cor e à textura de polpa no momento da colheita, que se dá aos 30 dias após a polinização para os melões rendilhados.

2.3.4 Tratos culturais

Para a cultura do melão, há diferenças quanto à semeadura, à condução, ao plantio e à colheita dos frutos, conforme a variedade a ser cultivada.

Solo e adubação

Em relação ao preparo do solo inicial, recomenda-se a realização de calagem caso a saturação de bases do solo esteja abaixo de 60%, elevando-a de 75% a 80%. A aplicação do calcário deve ser realizada ao menos 60 dias antes da semeadura ou plantio.

O uso de matéria orgânica no cultivo do meloeiro favorece a aeração do solo e consequentemente, evita a ausência de oxigênio no sistema radicular e suas possíveis consequências já discutidas. Pensando ainda em aeração, é preferível cultivar melão em solos franco-arenosos ou argilo-arenosos, pois, em solos argilosos, o encharcamento se dá mais rápido, como também serão necessários maiores cuidados em relação ao revolvimento, para que esse se apresente mais solto e permeável.

A cultura do meloeiro é bastante exigente em macronutrientes nitrogênio e fósforo até os primeiros 45 a 60 dias após o transplantio¸ e em potássio, cálcio e magnésio na fase de maturação dos frutos. A relação destes últimos três nutrientes deve ser equilibrada, pois o excesso de potássio ira inibir a absorção dos demais, bem como o excesso de cálcio inibirá a absorção dos outros dois. A aplicação em demasia de nitrogênio irá causar um vigor excessivo das plantas, flores hermafroditas não serão emitidas ou serão abortadas.

Semeadura e formação de mudas e plantio

Para as variedades do grupo botânico C. *melo* var. *inodorus*, em sua maioria, a semeadura é realizada diretamente no solo, na área onde a cultura será conduzida. Em cada cova de 30x30x25 cm, com profundidade de 1 cm a 3cm semeiam-se três sementes. A temperatura do solo ideal para esse grupo durante a germinação está na faixa de 16°C a 38°C. O espaçamento recomendado é de 0,3 m a 0,5 m entre plantas e 2 m entre fileiras, formando uma população entre 10.000 a 16.666 plantas por hectare.

Para as cultivares a serem produzidas em sistema de cultivo protegido, é necessário que a semeadura seja realizada em bandejas de poliestireno de 128 células, preenchidas com substrato artificial, estéril e inerte. O motivo de se realizar a produção de mudas ao invés de uma semeadura direta envolve o preço das sementes dessa variedade que, em sua maioria, são híbridos com alta taxa de germinação e pureza das sementes e, consequentemente, têm alto custo. Portanto, ao realizar a semeadura em bandejas, coloca-se uma semente por célula, e mantêm-se as plantas em cultivo protegido com condições de umidade, temperatura e luminosidade adequadas, como também geralmente em locais onde não há presença de pragas e de doenças inicias.

O transplante para o local onde a cultura completará seu ciclo é realizado quando as mudas apresentarem de duas a três folhas definitivas, normalmente de 15 a 25 dias após a semeadura. O plantio para essas variedades pode ser realizado em linhas duplas, com espaçamento entre 0,40 e 0,50 m entre plantas, 0,70 a 0,90 entre linhas e 1,00 a 1,20 m entre linhas duplas.

Tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido, o uso de moulching se mostra interessante, pois facilita o controle de plantas daninhas, a manutenção da umidade e de temperatura, bem como, em situação de campo aberto, mantém os frutos fora do contato com o solo.

Figura 5 - Uso de Moulching na cultura do melão.

Fonte: Os autores.

Condução

No cultivo protegido, o sistema de condução indicado é o vertical, sendo utilizadas redes agrícolas ou fitilhos, como na cultura do tomate. Quando se utiliza fitilhos, esses devem ser amarrados em paralelo, na horizontal, a 0,2 m, 1,2 m e 2,0 m do solo.

As plantas nesse tipo de condução devem ter uma única haste, retirando todos os brotos até o10.° ou 12° entrenó, e nos próximos três entrenós devem ser deixadas as hastes secundárias, onde irão aparecer as flores hermafroditas. Nessas hastes, deve-se realizar a capação deixando uma folha após o fruto, que deve estar o mais próximo possível da haste principal. Nessas hastes, também não se pode deixar que brotos secundários se desenvolvam, para que não haja competição de dreno com o fruto. Os entrenós da haste principal após esses três entrenós com flores hermafroditas devem ficar sem hastes secundárias, até que a planta atinja o 21°, 22° e 23° entrenós, em que se devem deixar as hastes secundárias se desenvolverem.

O número de folhas acima e abaixo de cada fruto deve ser o mesmo, para que fruto se desenvolva de forma ideal. As folhas abaixo apresentam maior atividade fotossintética, possuindo maior número de reservas que irão favorecer o crescimento dos frutos. Quando a atividade fotossintética das folhas abaixo dos frutos começa a cair, as folhas acima aumentam a sua atividade e irão conferir aos frutos os fatores de qualidade organolépticas, como a produção de sólidos solúveis (°Brix) e a formação do rendilhado.

Por planta, deve-se deixar 1 a 2 frutos se desenvolverem, ou seja, recomenda-se a eliminação de 1 a 2 frutos da planta, isso deve ser feito quando eles apresentarem 3 cm de diâmetro.

Uma ressalva importante é que as folhas de baixo devem ser retiradas depois que não apresentarem papel importante no crescimento dos frutos, para aumentar a ventilação, afim de controlar a temperatura e prevenir o aparecimento de doenças.

Irrigação

O método de gotejamento tem sido o mais indicado em ambos os grupos botânicos, pois permite melhor controle da quantidade de água no colo da planta, evita o aumento da umidade relativa do ar e não molha folhas e hastes, o que pode contribuir para o aparecimento de doenças.

Através do gotejamento, é possível realizar fertirrigação e, assim, fornecer os nutrientes em quantidade ideal para cada fase da cultura e ter maior qualidade. Entretanto esse método também pode causar um grande problema, a salinização; isso ocorre devido ao controle inadequado da lâmina de água, tornando o solo impróprio para o cultivo se medidas não forem tomadas.

Colheita

Após todos os cuidados necessários durante o desenvolvimento das plantas para que os frutos apresentem uma ótima qualidade, a colheita também deve ser realizada de maneira correta. Os frutos devem ser colhidos quando atingirem pelo menos 10% de sólidos solúveis, sendo ideal acima de 12%, para que apresentem melhor sabor.

Para determinar o ponto de colheita, pode-se calcular o número de dias a partir da polinização e, conforme a variedade, determinar a data da colheita de acordo com o número de dias necessários para que os frutos estejam completamente desenvolvidos. Pode-se também verificar a mudança na coloração da casca e/ou a deficiência nutricional na folha fruto, o que indica a absorção dos nutrientes pelo fruto.

A retirada dos frutos da planta deve ser realizada cortando os pedúnculos, deixando uma porção de no máximo 1,5 cm aderida ao fruto. Logo após a colheita, os frutos são levados para galpões ventilados e sombreados, onde serão classificados conforme sua variedade, lavados, receberão ou não etiquetas e serão embalados para o transporte.

2.3.5 Distúrbios fisiológicos

Fermentação

Esse distúrbio ocorre no interior dos frutos, devido a uma adubação desbalanceada associada a um manejo inadequado de água, que acarreta em uma absorção contínua de nitrogênio na época de maturação e colheita dos frutos. É um distúrbio interno, em que a polpa começa a se deteriorar da região do centro para a casca, formando álcool e cheiro desagradável.

Rachaduras

As rachaduras podem ocorrer antes da formação do rendilhado, nas variedades com essa característica, e próximo ao ponto de colheita. Uma rachadura pode vir a se tornar porta de entrada para patógenos, bem como inviabiliza a comercialização.

Rachaduras ocorrem quando há um manejo inadequado de água e/ou adubação desbalanceada, o que fará que um fenômeno de turgidez ocorra e cause uma expansão desordenada dos tecidos.

Má formação do fruto

São frutos com aspecto visual diferente do conhecido e desejado pelos consumidores, devido a uma adubação nitrogenada em excesso, o que leva a planta a competir com os frutos pelos fotoassimilados, ou a uma polinização problemática, o que dará origem a frutos defeituosos e/ou com má cicatrização do 'umbigo'.

2.4 Cultura do pepino

2.4.1 Características gerais da cultura

Descrição da planta

O pepino (*Cucumis sativus* L.) é originário da Ásia e vem sendo cultivado na Índia e na Pérsia há mais de 3000 anos, chegou até as Américas pelos portugueses e na Europa já é apreciado desde o século XVII (ALMEIDA, 2006). Integrante de uma família extensa, é uma cucurbitácea com crescente importância econômica, por ser um fruto de fácil preparo, consumido na forma de saladas, picles, raramente maduro ou cozido. Os frutos também desempenham importante função nutricional, apresentando altos teores de zinco em sua composição, o que auxilia na produção de colágeno no tratamento da pele.

No Brasil, essa cucurbitácea é cultivada a campo e em ambiente protegido, neste caso, por apresentar bom desenvolvimento em temperaturas superiores a 20 ºC, enquanto temperaturas inferiores afetam a absorção de água e de nutrientes, pelo sistema radicular, prejudicando o crescimento da cultura.

O caule dessas plantas é herbáceo, provido de gavinhas que atuam como estruturas de fixação e que podem ser consideradas drenos, sendo que, para plantas de alto valor agregado (pepino japonês), é recomendada sua eliminação. Possuem sementes pequenas e brancas (10g possui aproximadamente de 300 a 400 de sementes) e hábito de crescimento indeterminado. Para a maioria das variedades de pepino, o sistema de condução é feito com o estaqueamento das plantas, favorecendo ganhos significativos na qualidade e valor comercial dos frutos. As folhas são grandes, alternas, codiformes, tri ou pentalobadas, ásperas e verde-escuras (Figura 6).

Ao contrário da maioria das cucurbitáceas, o pepino é consumido ainda imaturo, sendo chamado pelo consumidor final de legume, porém sua classificação entre as hortaliças se enquadra como sendo uma hortaliça-fruto, cuja parte comestível é um peponídeo de característica cilíndrica e comprimento variando de acordo com o material genético e o grupo ao qual a espécie pertence, indo de 5 a 25 cm os frutos comerciáveis. Para alguns materiais, é possível observar a presença de acúleos (falsos espinhos) que podem ser escuros ou claros, sendo os claros os mais desejados, pois apresentam resistência ao amarelecimento. O fruto ainda pode se apresentar com diferentes colorações que variam de verde-claro a verde-escuro.

Figura 6 - Aspectos gerais do pepineiro japonês (A) e (B) caipira com detalhes das folhas, frutos e flores.

Fonte: Os autores.

Suas flores são amarelas, apresentando-se as masculinas em grupos, localizadas nas axilas das folhas, e as femininas, que possuem ovário ínfero e alongado, normalmente ocorrem isoladas. De acordo com a literatura, a espécie que deu origem aos materiais atuais apresentava flores monóicas; no entanto, com a evolução das espécies, nos materiais genéticos utilizados hoje, outras expressões sexuais podem ser observadas.

Um exemplo são as plantas classificadas como ginoicas, cuja polinização cruzada é obrigatória, por apresentarem um número muito reduzido ou simplesmente a ausência de flores masculinas nos nós basais; sendo assim, todas as flores formadas serão femininas, havendo a necessidade da mistura de 10% de sementes cuja espécie apresente flores masculinas na sua biologia.

Outra variação sexual é a presença de materiais genéticos classificados como ginoicos-paternocárpicos, cuja característica é apresentar flores unicamente femininas, sem a necessidade de polinização cruzada, pois, nessas espécies, os frutos se desenvolvem sem que haja necessidade de fecundação ovariana. Esses materiais, na sua grande maioria, são representados pelo pepino japonês, sendo os mais indicados para serem cultivados em ambiente protegido, devido à restrição que se pode obter em relação à visitação de insetos polinizadores, uma vez que, ao serem visitadas

por abelhas, haverá o desenvolvimento de sementes nos frutos, provocando sua deformação e inviabilidade comercial.

Existem ainda, no mercado, plantas com características sexuais andromonoicas, ou seja, flores masculinas nos nós basais da haste principal e posterior formação de flores hermafroditas na mesma planta, porém sem a presença de flores femininas. Há ainda variedades hermafroditas que produzem um número limitado ou nenhuma flor masculina nos nós basais da haste principal e todas as flores formadas são hermafroditas.

No cultivo de plantas que necessitam de polinização (ex.: monóicas, ginóicas e hermafroditas), alguns cuidados deverão ser tomados quanto aos tratos culturais, em especial o uso de defensivos químicos, já que a atividade do inseto polinizador é mais intensa no período da manhã, entre 8 e 9 horas, afim de se evitar a morte desses insetos e posterior abortamento de frutos devido à falta de polinização.

A expressão sexual nas cucurbitáceas é governada por fatores genéticos, embora ela sofra a influência do ambiente de cultivo, da baixa umidade do solo, das altas temperaturas e dos dias longos, fatores que favorecem a formação de flores masculinas; enquanto dias curtos, temperaturas noturnas baixas, uso racional da adubação nitrogenada, uso de reguladores de crescimento e incremento de CO_2em cultivo protegido favorecem o aparecimento de flores femininas.

Quanto à distribuição de flores no pepineiro, é possível dizer que as flores femininas ocorrem, em sua grande maioria, na haste principal e no primeiro nó das ramificações laterais, sendo que o segundo nó pode contribuir, em alguns casos, com um valor bem reduzido no total de flores femininas produzidas, tornando-se esse fato muito importante para a cultura, principalmente no que diz respeito ao trato cultural da poda lateral e da capação, que contribuem para aumentar o número e a qualidade dos frutos.

O caule é provido de gavinhas (folhas modificadas que servem como estruturas de sustentação) e seu crescimento é indeterminado, podendo atingir até dois metros de comprimento. O fruto é suculento, com formato cilíndrico e coloração que varia de verde-claro a verde-escuro, externamente possui acúleos (falsos espinhos) que podem ser escuros ou claros, sendo os claros os mais desejados, pois apresentam resistência ao amarelecimento.

Condições climáticas

A cultura do pepino é adaptada a temperaturas amenas, por ser uma espécie de clima quente, seu desenvolvimento se torna comprometido sob baixas temperaturas com redução no seu desenvolvimento a temperaturas abaixo de 16°C e acima de 32°C, resultando em queda na produção. O cultivo protegido (estufa) pode ser uma boa alternativa para o controle da temperatura, gerando pequena elevação, porém é importante ressaltar que apenas as cultivares ginoico-partenocárpicas podem ser conduzidas sob estufas totalmente fechadas; para outros materiais há a necessidade de aberturas laterais, tanto para evitar altas temperaturas, como para que possa ser realizada a polinização por abelhas.

Em situações de estresse térmico com temperaturas altas e fotoperíodo longo, é comum algumas variedades de pepino japonês e pepino para conserva sofrerem ‘mudança de sexo’, ou seja, essas característica climáticas tendem a reter a planta na fase estaminada e, em alguns casos, flores masculinas formadas nessa fase secam antes mesmo da antese, inviabilizando o grão de pólen e consequentemente reduzindo a produção.

Cultivares e época de semeadura/plantio

Escolha das cultivares

Atualmente, no Brasil, podem ser encontrados quatro grupos de pepino:

→ Caipira: os frutos possuem tamanho de 10 a 16 cm, coloração verde-clara e a maioria das cultivares apresenta fruto trilocular.

→ Aodai: os frutos possuem tamanho de 20 a 25 cm, coloração verde-escura, fruto trilocular e formato cilíndrico.

→ Japonês: os frutos possuem tamanho de 20 a 30 cm, coloração verde-escura, fruto trilocular e formato afilado e alongado. Neste tipo, não há formação de sementes e os frutos podem ser consumidos com casca.

→ Industrial: os frutos possuem tamanho curto de 5 a 9 cm, coloração verde-clara ou escura, frutos triloculares.

Produção de mudas

A produção de frutos saudáveis está diretamente associada à utilização de sementes de qualidade e manejo adequado das plantas, desde o início da implantação da cultura iniciando com a produção de mudas. Para se produzirem as mudas, devemos utilizar bandejas de poliestireno expandido, preferencialmente contendo 128 células, ou aquelas de plástico que favorecem a melhor assepsia e segurança ao produtor contra contaminantes. Esse sistema apresenta grandes vantagens, dentre elas, uniformidade de mudas, facilidade de controle fitossanitário e maior volume radicular. Quanto ao substrato, dispensa-se a utilização de nutrientes como complemento, tendo em vista que as mudas de cucurbitáceas ficam prontas rapidamente, com cerca de 15 dias após a semeadura, durante o verão, e de 20 a 25 dias, no inverno. As mudas deverão ser levadas a campo quando apresentarem a primeira folha verdadeira totalmente expandida e a segunda em expansão. A demora no transplante pode acarretar o estiolamento das mesmas, provocando perda da qualidade e comprometimento do stand final.

Em condições de mudas enxertadas, é preciso observar o vigor entre o porta-enxerto (cavalo) e o enxerto (cavaleiro), uma vez que a sincronia no desenvolvimento entre os materiais genéticos determinará o sucesso da prática de enxertia (Figura 7).

Figura 7 - Estádio de desenvolvimento do porta-enxerto e do enxerto para realização da enxertia.
Fonte: Os autores.

A enxertia em cucurbitáceas pode ser realizada com diferentes técnicas, sendo as mais comuns a enxertia em Fenda Cheia, em que é realizada a fenda no cavalo e a cunha no cavaleiro, a enxertia de Topo, em que o cavaleiro é sobreposto sobre o cavalo sem que haja a necessidade de realizar a fenda e a cunha, e ainda a enxertia do tipo Encostia, sendo esta a mais utilizada pela porcentagem de pegamento ser superior às demais. Nas duas primeiras técnicas, a parte aérea do cavalo é totalmente removida, não havendo oportunidade de brotação, uma vez que o meristema apical é eliminado. Já na enxertia do tipo encostia, os cortes realizados em ambas as plantas permitem que seja dada a manutenção nas folhas cotiledonares do cavalo e nas demais já expandias do cavaleiro (Figura 8), porém é necessária a eliminação do meristema apical do cavalo, pois, se seu desenvolvimento continuar, poderá interferir no pegamento e no desenvolvimento do novo indivíduo formado. Para eliminar apenas o meristema apical e conservar as folhas cotiledonares do cavalo, faz-se necessário que aquela folha verdadeira já em expansão seja removida manualmente no sentido contrário ao seu crescimento, provocando assim a lesão no meristema apical e consequentemente sua inviabilidade ou, então, pelo corte com auxílio de estilete.

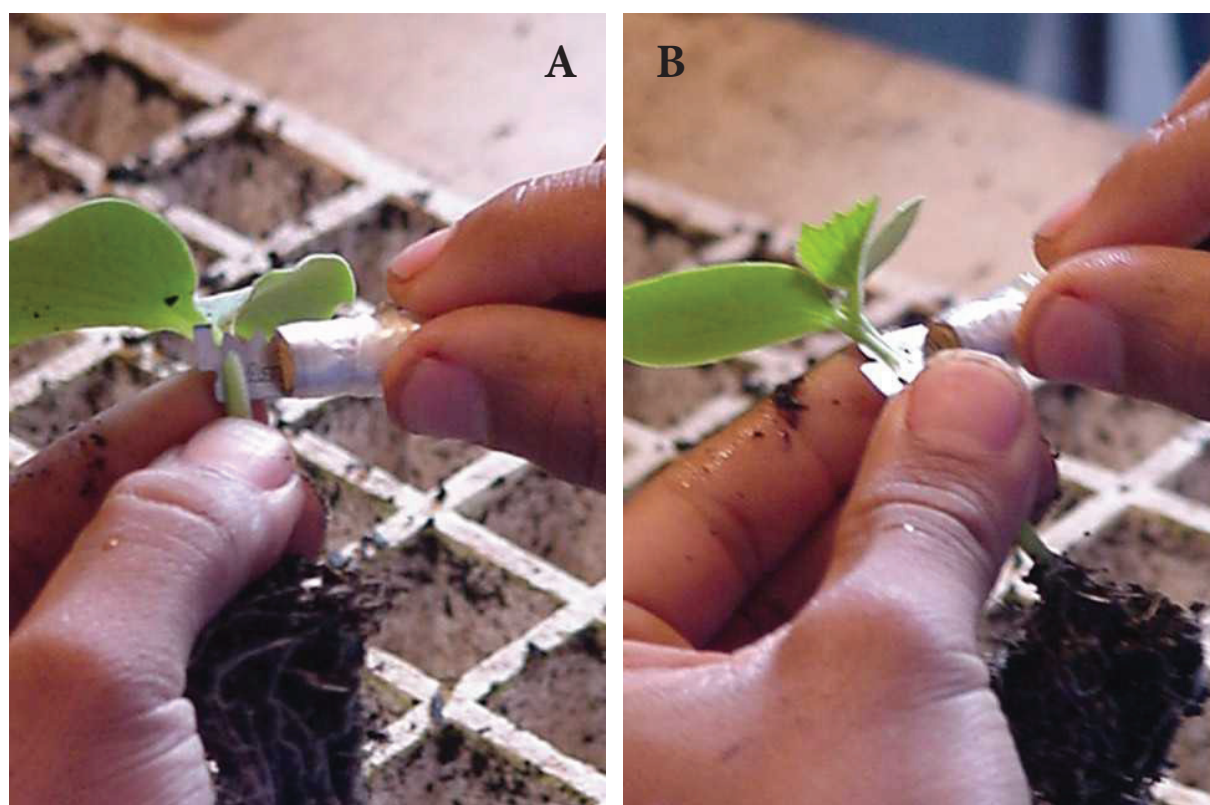



Figura 8 - Detalhe dos cortes realizados no cavalo já sem o meristema apical (A) e no cavaleiro com a presença da primeira folha verdadeira em expansão (B).
Fonte: Os autores.

Após a união das duas espécies com auxílio de grampo específico e posterior formação de capa necrótica e cicatrização do local de enxertia, faz-se necessário, na técnica da encostia, o procedimento da desmama, que consiste no desligamento do caule e do sistema radicular do cavaleiro, permanecendo viáveis apenas as raízes do porta-enxerto (Figura 9).

Figura 9 - Detalhe da desmama realizada no caule do pepineiro.
Fonte: Os autores.

2.4.2 Instalação e condução da cultura

Preparo do solo e adubação de plantio

As mudas devem ser transplantadas diretamente em canteiros ou leiras previamente levantados, os quais deverão receber a adubação de plantio a ser incorporada no momento do manejo do solo. Ressalta-se que a análise de solo é uma das etapas de grande importância nesse momento, pois dará ao produtor as reais condições daquele solo em atendimento à necessidade nutricional da cultura, já que, de acordo com Malavolta (2006), a adubação de uma determinada espécie tem como propósito cobrir a diferença existente entre a exigência da cultura e o fornecimento pelo solo, observando sempre a compensação das perdas por diversas formas, o que reforça a ideia em que podemos afirmar que, quanto mais pobre o solo, maior será a necessidade de se adicionarem nutrientes.

O desenvolvimento da planta depende da quantidade de nutrientes disponíveis para ela, logo as adubações química e orgânica tornam-se indispensáveis para se alcançar a produção desejada. A saturação por base deverá ser de 80% e o pH entre 6,0 e 6,8. É preciso atenção com a manutenção e a qualidade do calcário utilizado para correção do solo e das relações entre cálcio e magnésio, que devem estar preferencialmente entre 3 e 5. Nesse sentido a recomendação do tipo de calcário, seja ele calcinado, calcítico ou dolomítico, deverá ser um critério a ser adotado para se obter produção satisfatória.

A adubação de plantio deverá obedecer a alguns critérios, como tipo de solo, teor de matéria orgânica, exigência do material genético e principalmente o nível tecnológico que será aplicado à cultura. A recomendação para o uso de esterco animal na lavoura é de 3 a 6 litros de esterco bovino por metro ou a metade dessa quantidade caso seja utilizado esterco de aves, como cama de aviário (observar o número de lotes produzidos sobre essa cama).

O uso de esterco animal é uma opção que deverá ser realizada obedecendo a alguns conceitos e critérios químicos e fitopatológicos, pois o uso desse material sem que esteja completamente curtido poderá levar à morte de plantas e consequentemente a desuniformidade do estande final, devido ao aumento da temperatura na região das raízes enquanto esse material completa sua decomposição. Assim sendo, a melhor opção seria o produtor fazer uso do composto ou produtos classificados como organomineral.

De acordo com Filgueira (2000), aplicações quinzenais em cobertura de nitrogênio entre 100 a 150 kg/ha favoreceriam o aumento de flores femininas e garantiriam o pegamento de frutos. Para Fontes e Puiatti (2005), 10 g de N e 20 g de K_2O por metro, em cobertura, a cada 20 dias após o transplante, seriam suficientes para obter boas produtividades.

Nas adubações nitrogenadas, o produtor deverá dar preferência ao uso de fontes nitrogenadas que contenham Ca para evitar frutos mal formados, pois segundo Frost e Kretchman (1989), baixos níveis de Ca em plantas de pepino podem desenvolver lesões com aspecto de encharcadas e necróticas na epiderme e no pericarpo da extremidade distal dos frutos e, em casos severos de deficiência, é possível observar frutos com ruptura da placenta perto da extremidade. Os mesmos autores ainda ressaltam que a qualidade das sementes também é reduzida em condições de estresse causado pelo cálcio, com perdas significativas na qualidade de germinação.

A adubação em cobertura deverá ser complementada com pulverizações foliares com adubos à base de micronutrientes, como boro, zinco e molibidênio. Em períodos de baixa temperatura, utilizar sulfato de zinco foliar na proporção de 0,5%, a fim de evitar encurtamento de internódios e prejuízo na formação de frutos de pepino.

Em alguns casos, o solo poderá ser coberto com *mulching* plástico ou cobertura morta cuja função é conservação da umidade, controle de plantas daninhas, menor amplitudes térmicas, menores riscos de ataque de afídeos (*mulching* vermelho), menor lixiviação de nutrientes com consequente melhora na absorção das raízes, culminando em ganhos significativos de produtividade, além de obter frutos de melhor qualidade.

Outra opção disponível aos produtores são os adubos líquidos de solução verdadeira utilizados em sistemas semi-hidropônicos (cultivo em vaso com substrato) e fertirrigação, cuja concentração na solução nutritiva deverá ser manejada de acordo com o estádio de desenvolvimento das plantas. A exemplo, tem-se a linha Plenan Ferti - PP1® (1,83% N; 1,83% P_2O_5; 6,71% K_2O; 1,32% S; 1,0% Mg) e Plenan Ferti - PP2® (5,54% N; 1,57% P_2O_5; 5,52% K_2O; 4,16% Ca; 0,002% S; 0,021% B; 0,021% Cu; 0,083% Fe; 0,021% Mn; 0,004% Mo; 0,004% Ni; 0,009% Zn).

Espaçamento e transplante

O espaçamento utilizado para pepineiro será adotado conforme o sistema de plantio de linhas duplas em quincôncio (Figura 5A) ou linhas simples (Figura 5B), havendo no primeiro sistema, 3 plantas/m² e, no segundo, 2,5 plantas/m², no entanto o número de plantas por metro e o espaçamento podem variar de acordo com o sistema de condução adotado, sendo que, na cultura rasteira (pepino caipira), o espaçamento pode variar de 2,0 x 1,0 m, para consumo *in natura* e 1,2 x 0,3 m para o pepino destinado à indústria, enquanto para cultura tutorada, o espaçamento deverá seguir o esquema apresentado na Figura 10.

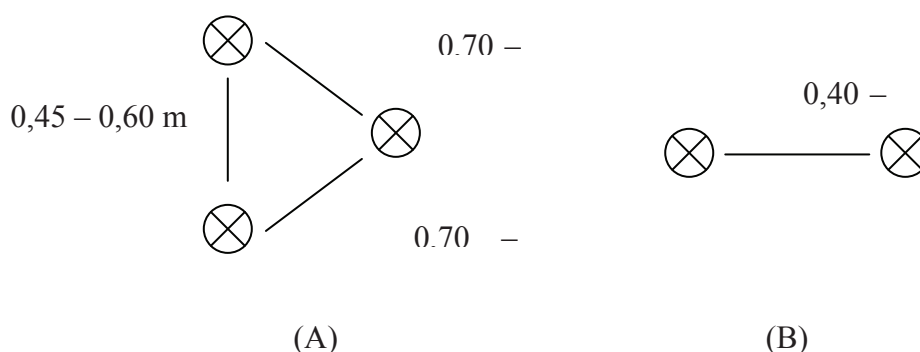



Figura 10 - Representação do sistema de condução em quincôncio (A) proporcionando maior aproveitamento da área pelas plantas e em linha simples (B).
Fonte: Os autores.

Tratos culturais

Quando a cultura é tutorada, o contato do fruto com o solo é evitado, diminuindo a incidência de doenças, facilitando os tratos culturais, além de maximizar a captação de luz. Assim o sistema de condução adotado poderá ser do tipo espaldeira dupla de espaldeira simples.

Espaldeira dupla: esse tipo de tutoramento é mais empregado em cultivos a campo, em que as plantas são tutoradas fixando-se os ramos em estacas de bambu escoradas em fio de arame a uma altura de 1,5 a 1,8 m, de modo a formarem um 'V' invertido.

Espaldeira simples: as plantas são tutoradas com auxílio de um fitilho plástico (Figura 11), amarrado à planta (na base) e a um fio de arame localizado acima do topo da planta preso a mourões. Usam-se estacas de 1,8 a 2 m de altura, distanciadas entre si 3 a 4 m.

Figura 11- Pepineiro conduzido em espaldeira simples.
Fonte: Os autores.

Na condução das plantas, as brotações até a 5ª folha definitiva junto com as flores, os frutos e as gavinhas devem ser eliminadas, para reduzir os drenos, evitar a formação de frutos deformados e não comercializáveis e permitir que o sistema radicular seja priorizado.

Outro fator de suma importância é o manejo da gema apical da haste principal dos pepinos japonês e aodai, que deverão ser removidas (capação), próximo ao 22º e 25º nós, estimulando as brotações laterais e consequentemente o aumento de flores femininas.

2.4.3 Colheita

O período da colheita varia de 60 a 80 dias após o plantio. O ponto ideal de colheita verifica-se quando o fruto atinge o comprimento e a coloração externa característicos para cada variedade. Para os materiais destinados ao processamento, deve-se observar uma relação comprimento x diâmetro de 3:1 e formato cilíndrico; em condições diferentes dessa, o produtor corre o risco de não

ter o produto aceito pela indústria e, com isso, certamente terá uma frustração de rendimento da lavoura. A colheita é realizada manualmente, podendo estender-se por até 60 dias dependendo dos tratos culturais adotados e do estado fitossanitário das plantas.

3 A família Fabaceae

3.1 Cultivo do feijão-vagem

Pertencente à mesma espécie do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L), o feijão-vagem se diferencia apenas pelo uso das vagens ainda em fase de desenvolvimento, as quais devem apresentar baixa quantidade de fibras, facilitando seu consumo. Trabalhos iniciais de seleção foram realizados a partir de genótipos mutantes do feijão comum, os quais apresentaram como característica vagens com poucas fibras.

3.1.1 Importância econômica no Brasil

O feijão-vagem atualmente é uma das principais hortaliças-fruto cultivadas no mundo. No Brasil, está entre as dez mais cultivadas e apresenta um volume comercializado significativo (Tabela 2).

Tabela 2 - Volume comercializado de feijão-vagem

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	TTotal
2015	1.550	932	1.200	1.503	1.149	1.239	1.337	1.696	1.228	1.560	1.582	1.505	**16.481**
2016	8878	1.074	1.064	1.231	827	764	801	1.183	1.546	1.970	1.749	1.552	**14.640**
2017	1.152	1.238	985	1.100	1.301	1.220	1.109						8.106

CEAGESP-SP volume em toneladas.
Fonte: Agrianual (2018).

Botânica

As raízes podem ser divididas em quatro classes, sendo elas: primária, basal, adventícia e lateral. O comprimento e a ramificação do caule, que é herbáceo, estão diretamente associados ao hábito de crescimento da planta, que pode ser determinado ou indeterminado. As plantas com hábito de crescimento determinado apresentam um caule ereto, inflorescência apical e uma altura que varia de 30 a 70 cm. Já as de crescimento indeterminado apresentam caule com poucas ramificações, altura superior a 2 m, o que torna essencial que haja tutoramento da planta.

Na parte aérea, as folhas podem ser simples ou compostas. As flores são hermafroditas e, por causa da cleistogamia (polinização e fecundação antes da antese), é considerada uma planta autógama. As vagens normalmente apresentam coloração em tom de verde, vermelho roxo, amarelo ou até mesmo com mais de uma coloração, e seu formato pode ser achatado ou cilíndrico. As sementes também podem apresentar várias cores de acordo com a cultivar.

Cultivar

De acordo com as exigências do comércio, os caracteres mais importantes para uma cultivar são a cor das vagens e o formato das mesmas. Em relação ao formato das vagens, são denominadas tipo macarrão, as que apresentam formato cilíndrico, ou tipo manteiga, com formato achatado. Diversas são as cultivares utilizadas no Brasil, dentre elas, algumas estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Algumas cultivares de feijão-vagem e suas principais características

Cultivares	Características
Macarrão Bragança, Macarrão Favorito, Macarrão Hortivale, Macarrão Preferido e Macarrão Trepador	Plantas com hábito trepador, vagens com formato cilíndrico e coloração verde.
Teresópolis Manteiga Trepador e Manteiga Maravilha	Vagens achatadas e verdes.
Napoli, Mimoso Rasteiro e Macarrão Rasteiro	Plantas com hábito arbustivo.

Fonte: Os autores.

Exigências climáticas

A precipitação pluviométrica e a temperatura estão entre os fatores climáticos que mais interferem na cultura. As cultivares desenvolvem-se melhor em temperaturas amenas (18 °C a 27 °C), de forma generalizada, para não prejudicar nenhum estágio fenológico. Chuvas frequentes favorecem doenças e podem reduzir a aeração do solo.

O excesso de umidade pode afetar a germinação das sementes e, consequentemente, o estande da lavoura, o aparecimento de doenças e o desenvolvimento das plantas. Por outro lado, a falta de umidade também prejudica a cultura, resultando em plantas com vigor vegetativo afetado e produtividade final reduzida. O florescimento e o enchimento das vagens também são prejudicados pela falta de água, assim, dependendo da época de cultivo, é essencial o uso da irrigação.

No cultivo tutorado, ventos fortes podem afetar o crescimento das plantas e ocasionar a queda de vagens; por isso, é de extrema importância realizar a semeadura no sentido em que os ventos não possam provocar danos.

Época de semeadura

Em regiões nas quais as temperaturas médias estão acima de 8°C e abaixo de 32°C, o cultivo pode ser realizado em qualquer época do ano (irrigando quando necessário). Em locais com temperaturas médias acima de 32°C e alta umidade relativa, o período de outono/inverno é o mais indicado.

Fertilidade e estrutura do solo

Condições ideais para a cultura são solos com alto teor de matéria orgânica, textura média e pH entre 5,5 a 6,5. A adubação e a correção da fertilidade do solo devem obedecer aos resultados da análise química de amostras de solo da área de cultivo, assim como para todas as culturas agrícolas.

É recomendado que a adubação fosfatada seja realizada no sulco de plantio e as doses de nitrogênio e o potássio sejam parcelados em 25% no momento da semeadura, e o restante, parcelado em três adubações de cobertura aos 25, 50 e 75 dias após a emergência, para as cultivares de hábito indeterminado. Para as cultivares de hábito determinado, é recomendada a aplicação de 40% da

dose total do nitrogênio e do potássio no sulco de plantio (ou momento da semeadura) e o restante aplicado em cobertura após 20 dias de semeadura. Outros macronutrientes também são importantes para a cultura, como o enxofre, o cálcio e o magnésio. Dentre os micronutrientes, destacam-se o boro, o zinco e o molibdênio, os quais devem ser aplicados no momento da adubação de plantio ou, posteriormente, via foliar, visando evitar sua deficiência na planta.

No caso de adubação orgânica, o recomendado é que seja incorporada ao solo, no mínimo, sete dias antes do plantio, em média 20 m^3 por hectare de esterco bovino curtido ou compostagem. Se a opção for utilizar esterco de galinha, a quantidade não deve ser maior do que 8 m^3 por hectare.

Tratos culturais

A escolha da semente e da cultivar são os fatores fundamentais para um bom desenvolvimento da cultura. A semente deve corresponder a uma cultivar adaptada às condições ambientais relativas ao local de cultivo (e que apresente características de interesse ao mercado consumidor) e também deve ser observado o local de procedência da semente, ou seja, deve apresentar boa qualidade fisiológica.

A semeadura do feijão-vagem tutorado é realizada de forma direta, em uma profundidade de 2,5 a 5,0 cm e em um espaçamento de aproximadamente 1,0 m entre fileiras e de 20 cm entre plantas, utilizando de uma a três sementes por cova, sendo que, neste último caso, deve-se realizar o desbaste posterior.

Considerando cultivares de hábito de crescimento determinado, o espaçamento médio recomendado é de 50 cm entre fileiras, com no máximo 15 sementes por metro linear. Vale ressaltar que, para o feijão de hábito de crescimento determinado, essa fase pode ser toda mecanizada.

O tutoramento deve ser realizado apenas para as cultivares trepadoras, para esse trato cultural, geralmente são utilizadas varas oriundas de diversos materiais (sendo mais comum as de bambu), nos quais as plantas vão se prendendo. Dentre os objetivos do tutoramento para o feijão-vagem, destacam-se garantia de uma alta produção com vagens de boa aparência, redução da incidência e agravamento de doenças.

O *mulching* (cobertura do solo com plástico ou restos vegetais) pode ser utilizado para manutenção da umidade do solo, para redução das temperaturas do solo e também para o manejo de plantas daninhas.

O manejo de água está também relacionado ao hábito de crescimento da cultivar. Nas arbustivas, é recomendado o sistema de irrigação por aspersão, com exceção para o cultivo em casa de vegetação, para o qual é recomendado o gotejamento. Para as cultivares trepadoras, a irrigação localizada (gotejamento) é a mais indicada, pois evita a incidência de doenças ocasiona um melhor uso da água, facilitando a fertirrigação.

Pragas, doenças e plantas daninhas

São várias as pragas que podem atacar a cultura e em diferentes fases de desenvolvimento da planta, entre elas, destacam-se: *Agrotis ipision* (lagarta-rosca); *Elasmopalpus lignopalpus* (lagarta elasmo); *Diabrotica speciosa* (vaquinha); *Liriomyza* sp. (minadora); *Bemisia tabaci* (mosca branca); *Empoasca kraemeri* (cigarrinha-verde); além de tripes, pulgões, ácaros, lagarta das vagens e percevejo das vagens.

Os patógenos que podem infectar a cultura e manifestar seus sintomas podem ser fungos (como *Colletotrichum lindemunthianum*, causador da antracnose; *Uromyces appendiculatus*; causador da ferrugem; *Pseudocercospora griseola*, causador da mancha-angular; *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, causador da murcha-de-fusarium; *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo-branco; *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*, causador da podridão-radicular-seca),

bactérias (como *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, que causam o crestamento bacteriano) e as viroses, como o mosaico comum (*Bean common mosaic* vírus) e o mosaico dourado (*Bean golden mosaic* vírus).

O controle das pragas e das doenças deve ser realizado de maneira consciente, ou seja, sempre com base nos princípios do manejo integrado.

O manejo de plantas daninhas deve ser realizado durante todo o ciclo da cultura. Para cultivos tutorados e em casa de vegetação, geralmente, é realizada a capina e, em áreas com material arbustivo, é recomendado o uso de herbicidas.

Colheita e pós-colheita

A colheita deve ser realizada manualmente quando as vagens estiverem crescidas ou desenvolvidas, porém ainda macias e sem que as sementes estejam bem formadas. Geralmente, para as cultivares de hábito indeterminado, a colheita se inicia aos 50 a 75 dias após a semeadura. Para as cultivares de hábito determinado, é recomendado realizar a colheita antes de 80 dias após a semeadura, pois este é o ciclo total das cultivares.

Vale destacar que o produto final geralmente é destinado para o consumo das vagens *in natura*, contudo a indústria de conservas vem aumentando a produção no Brasil.

3.2 Cultura da ervilha-torta

A cultura da ervilha apresenta uma grande importância histórica, pois há relatos de que faz parte da alimentação humana há séculos. Pesquisas recentes evidenciam a riqueza nutricional das ervilhas, as quais apresentam altos teores de proteínas, minerais e vitaminas.

O Brasil apresenta um aumento a cada ano no volume comercializado de ervilha, mesmo assim, em comparação a outros países, como a Índia, a produção nacional ainda é baixa. Dessa forma, é necessário realizar a importação do produto para atender a demanda interna.

3.2.1 Aspectos botânicos

A ervilha pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae, ao gênero *Pisum* e espécie *Pisum sativum* L. Dentre as várias espécies do gênero, duas se destacam: a *P. arvense* L, a que corresponde às ervilhas forrageiras, e a *P. sativum* L., que corresponde às ervilhas verdes.

É considerada uma espécie anual adaptada a climas mais amenos, com hábito de crescimento determinado ou indeterminado. Como já citado para as plantas de feijão-vagem, as flores das plantas de ervilha, devido à cleistogamia, levam a uma taxa de autofecundação elevada, sendo por isso reconhecida como uma espécie autógama.

Quanto ao ciclo da cultura, vale ressaltar que, dependendo das condições climáticas e da cultivar, o ciclo de vida das plantas de ervilha pode variar de 90 a 140 dias. Normalmente, três grupos podem ser formados de acordo com o fotoperíodo, ou seja, o grupo de cultivares precoces (primeiras flores entre o 6° e o 9° entrenó), o de semiprecoces (primeiras flores aparecem entre o 9° e o 11° entrenó) e o das tardias (primeiras flores aparecem entre o 11° e o 13° entrenó).

O ciclo da cultura pode ser dividido em cinco estádios fenológicos:

A – Germinação e emergência;

B – Crescimento vegetativo;

C – Florescimento;

D – Formação e desenvolvimento das vagens;

E – Maturação das sementes.

A ervilha-torta, também denominada de ervilha-vagem, devido a questões genéticas, não possui pergaminho e altera o teor de fibras, fato que a distingue dos outros tipos de ervilha.

Os frutos de ervilheira são tipo vagem, que apresentam normalmente formato oblongo, com sementes que podem ser enrugadas ou lisas, esféricas ou ovaladas, com diferentes colorações (verdes, amarelas, creme, marrons etc.). As sementes rugosas apresentam teores mais elevados de sacarose e menor teor de amido do que as sementes lisas, e essas diferenças de composição química e formato podem influenciar a qualidade fisiológica e sanitária.

3.2.2 Cultivares

Diversas são as cultivares disponíveis no mercado, apresentando variação com base no produto final e nos sistemas de cultivo (Tabela 4).

Tabela 4 - Cultivares de ervilha e suas principais características

Tipos de ervilha	Principais cultivares	Principais características
Ervilha seca	Mikado	Grãos lisos, arredondados, pequenos, com tamanho uniforme e baixa descoloração; ciclo médio de 110 dias; alta produtividade; alta qualidade industrial.
Ervilha verde	Axé, Forró, Frevo, Pagode e Samba	Grãos rugosos, composição química diferente das sementes lisas; indicadas para agroindústria de grãos verdes enlatados ou congelados (não necessita de reidratação).
Ervilha-torta	Torta de flor roxa e MK 13'	Hábito de crescimento indeterminado; uniflorais; tegumento das sementes pigmentado; cotilédone amarelo; ciclo médio de 100 dias.
Ervilha forrageira	BRS Sulina	Rápido crescimento inicial; precoce; grande massa verde, uniformidade; boa para alimentação animal; indicada para adubação verde e cobertura de solo.

Fonte: Os autores.

Exigências climáticas

O bom desenvolvimento da cultura ocorre normalmente em temperaturas entre 13°C e 18°C, com umidade relativa do ar entre 60%e 70%. Temperaturas muito elevadas podem alterar a qualidade fisiológica das sementes, induzindo à transformação dos açúcares em amido. Considerando a necessidade de graus-dia de crescimento, para as cultivares precoces a necessidade está aproximadamente em 700 a 800 graus-dia, para as cultivares semiprecoces, está em 850 a 1000 graus-dia; para as tardias, valores superiores a 1000 graus dia.

Áreas de cultivo

Durante a escolha da área de cultivo, deve-se levar em consideração a cultura antecessora, evitando-se o cultivo em locais nos quais outras plantas leguminosas foram cultivadas, prevendo assim possíveis problemas com pragas e doenças compatíveis. O cultivo pode ser realizado em diferentes tipos de solo, desde que haja uma boa drenagem e um pH entre 5,5 a 6,5.

Em sistemas convencionais de cultivo, em geral, é realizada uma aração profunda para enterrar os restos culturais e, em seguida, duas gradagens. O sistema de plantio direto também pode ser utilizado.

Adubação

Com base nas exigências nutricionais da cultura e na análise química de amostras de solo, o produtor deve realizar a adubação.

As plantas de ervilha apresentam a seguinte ordem decrescente de importância dos teores de nutrientes: N, K, Ca, S, P, Mg, B, Mn, Cu e Mo. Dentre os nutrientes mais requeridos pela cultura está o Nitrogênio, o qual pode ser 'fornecido' em parte, por meio do *Rhizobium leguminosarum*. É importante destacar que, para que ocorra uma boa fixação simbiótica do nitrogênio, é necessário adicionar doses de cobalto e molibdênio no momento da inoculação das sementes com a bactéria.

Tratos culturais, espaçamento e semeadura

Generalizadamente, o espaçamento recomendado para a ervilha-torta é de 1,0 metro entre linhas e de 0,1 a 0,2 metros entre plantas (100.000 e 200.000 plantas por hectare, respectivamente).

O tutoramento das plantas deve ser realizado a uma altura média de 1,5m. Os tipos de tutoramento são variados, sendo as mais utilizadas técnicas dos 'dois fitilhos' ou em 'cerca cruzada'.

Irrigação

O sistema de irrigação mais indicado para a cultura da ervilha-torta é o de gotejamento, sendo observado o período crítico pela falta de água que o estádio de floração e de enchimento das vagens. Quanto à quantidade de água a ser utilizada durante a irrigação, deve-se levar em consideração que as cultivares de ciclo longo necessitam de 300 mm a 500 mm de água, e as cultivares de ciclo curto necessitam de 200 mm a 400 mm de água durante todo o estádio vegetativo da cultura.

Doenças, pragas e plantas daninhas

Dentre os principais patógenos que causam danos à cultura da ervilha, podem ser citados: *Rhizoctonia solani* Khun, fungo causador da podridão de pré-emergência e do *damping-off*; *Erysiphe* sp. (*Oidium* sp.), doença de grande importância que reduz o número e o tamanho das vagens e das sementes, o que afeta a qualidade industrial do grão e a viabilidade das sementes; *Ascochyta pisi*, fungo que ocorre nas folhas, nos caules e nas vagens, com sintomas como necrose na parte aérea e cancros escuros nas vagens; *Sclerotinia sclerotiorum*, patógeno que causa o mofo-branco, uma das doenças mais importantes da cultura da ervilha; *Meloidogyne* spp., grupo de patógenos que induzem galhas nas raízes, que podem causar danos consideráveis em campos de produção de ervilha.

Quanto às principais pragas de importância econômica da cultura da ervilha, são consideradas: *Acyrthosiphon pisum*, o pulgão das ervilhas, que pode atacar em reboleiras e causa deformação, murcha ou morte das plantas; *Helicoverpa* sp., lagarta das vagens, que causa deformações, podridões e queda de botões florais e vagens; *Nezara viridula*, percevejo verde, que pode danificar as sementes; *Piezodorus guildinii*, percevejo pequeno, que ataca as vagens e os grãos de ervilha, causando grande estrago durante o enchimento de grãos. No cultivo da ervilha-torta, quando que os produtores aproveitam a estrutura de *mulching* da cultura antecessora, é normal a presença de caracóis ou lesmas.

Para as plantas daninhas, o manejo é recomendado essencialmente até o estádio fenológico da cultura em que a superfície do solo ainda não esteja coberta. Para as grandes áreas, normalmente é recomendado o uso de herbicidas (registrados para a cultura) para as plantas daninhas de folhas largas e estreitas, em pré-emergência. Para pequenas áreas, que estejam pouco infestadas, a capina manual pode resolver o problema.

Colheita

A colheita da ervilha-torta deve ser realizada manualmente quando as vagens ainda verdes apresentarem um tamanho aproximado de 12 cm a 14 cm e 2,5 cm a 3,5 cm de diâmetro. Deve ser observado o crescimento dos grãos dentro da vagem, os quais não podem estar muito desenvolvidos. Em média, a colheita pode ser iniciada 70 dias depois do plantio.

4 Família Rosaceae

4.1 Cultura do Morango

Nativa de regiões de clima temperado, o morangueiro (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) é uma planta que apresenta ótima aceitação por parte do mercado consumidor, por causa do seu aroma, cor e sabor. Além desses atributos, a pesquisa moderna relata que o morango apresenta compostos nutracêuticos com função antioxidante, auxiliando na prevenção de várias enfermidades.

A cultura do morango, a nível nacional, tem apresentado atualmente uma grande importância econômica e social, pois o seu cultivo é realizado geralmente por pequenos agricultores em uma área aproximada de 3,5 mil hectares (em diferentes estados brasileiros, em destaque Minas Gerais e São Paulo), sendo possível o seu cultivo em diferentes épocas do ano e apresentando uma boa rentabilidade (Tabela 5).

Tabela 5 - Volume comercializado e preços em R$/kg do morango

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2014	*442 **8,9	*380 **11,0	*325 **14,1	*303 **15,6	*388 **17,5	*779 **9,9	*975 **8,3	*1.106 **7,7	*818 **8,8	*548 **8,3	*372 **8,7	*451 **9,9
2015	*397 **9,2	*332 **11,3	*327 **13,8	*285 **15,1	*344 **16,4	*692 **11,2	*701 **10,6	*936 **8,6	*507 **11,1	*296 **10,2	*293 **10,5	*316 **13,2
2016	*267 **18,2	*310 **15,1	*188 **16,2	*196 **18,6	*222 **19,8	*360 **16,6	*497 **14,9	*916 **9,4	*606 **10,0	*315 **13,4	*334 **9,6	*319 **11,2
2017	*252 **11,0	*238 **16,9	*252 **15,8	*194 **18,5	*264 **18,6	*559 **13,5	*707 **11,4					

*Volume comercializado em toneladas, dados CEAGESP-SP. **Preços em reais por quilo do produto.
Fonte: Agrianual (2018).

Vale destacar que a produção de morangos no Brasil ainda se mostra insuficiente para a demanda interna, tendo o país importado frutos congelados de diferentes nações.

Tabela 6 - Dados referentes àimportação brasileira de morango congelado.

Países	2014		2015		2016		2017*	
	MUS$	Tonelada	MUS$	Tonelada	MUS$	Tonelada	MUS$	Tonelada
China	2.494	1.846	1.888	1.723	4.317	4.060	1.979	1.827
Chile	2.325	1.426	1.427	894	2.145	1.554	1.011	774
Argentina	5.090	2.525	3.388	1.692	2.165	1.127	647	350
México	1.919	1.141	2.434	1.291	1.340	673	33	21
Peru	2.320	1.388	1.478	942	600	384	371	240
Marrocos	122	72	42	23	492	343	479	324
Outros	265	158	312	233	518	327	275	148
Total	14.534	8.555	10.969	6.798	11.576	8.476	4.794	3.685

M US$ = US$ 1000 FOB. *Dados até julho.

Fonte: Agrianual (2018).

Dentre as razões para as importações, está o despreparo do produtor em realizar o processamento dos frutos que não foram comercializados *in natura*, ocorrendo uma significativa perda de pós-colheita. Por isso são necessários maiores investimentos na pesquisa e na extensão quanto aos processos de industrialização na cultura do morango.

Aspectos Botânicos

O que geralmente chamamos de fruto na verdade é um pseudofruto, pois o mesmo é oriundo da fecundação de uma única flor com vários ovários, e cada pontinho escuro é um aquênio, ou seja, um tipo de fruto.Já a porção mais suculenta é originada a partir do receptáculo floral e a parte central não tão macia 'armazena' as sementes.

4.1.1 Propagação

A propagação do morango pode ser realizada de duas maneiras, propagação sexuada (como exemplo, pode ser realizado o cruzamento entre duas plantas geneticamente diferentes, para a obtenção de uma semente sexual híbrida) e propagação assexuada (propagação vegetativa). Normalmente, quando se deseja a obtenção de novas cultivares, o recomendado é utilizar a propagação sexual. Para a produção de mudas comerciais, quase sempre é realizada a propagação vegetativa por meio de estolões formados pela planta matriz. Para a produção de mudas com qualidade fitossanitária garantida, tem-se utilizado atualmente técnicas especificas de biotecnologia denominada de cultura de tecidos vegetais.

4.1.2 Escolha e preparo da área de cultivo

A escolha e o preparo da área de cultivo devem ser realizados com bastante atenção para que se possa ter êxito ao final do ciclo de cultivo. A área de cultivo não deve ter sido cultivada anteriormente com espécies que apresentam pragas e patógenos compatíveis com a cultura. Preferencialmente, a

área não deve ser muito declivosa e o solo deve ser bem drenado e bem estruturado (se possível com textura areno-argilosa). Para que a correção e a adubação do solo sejam realizadas com sucesso, é necessário que antes seja feita uma análise de amostras do solo a ser cultivado. A amplitude ideal quanto ao pH do solo é de 5,5 a 6,0. E para suprir a demanda dos macronutrientes essenciais (N, P e K), geralmente é recomendada a utilização de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Quanto à adubação orgânica, podem ser aplicados, nos canteiros, de 3 a 15 litros por metro quadrado de esterco bovino ou de aves, já curtidos.

Para o preparo do solo, é recomendada, primeiramente, uma aração e, em seguida, uma gradagem. O encanteiramento é a próxima etapa, a qual consiste na formação de canteiros (por meio de máquinas ou manualmente) com 1,2 metros de largura, 40cm de altura e 50m de comprimento. Para facilitar os tratos culturais, é recomendado ainda um espaçamento mínimo entre os canteiros de 50cm.

4.1.3 Plantio

Nas regiões Sudeste e Sul, recomenda-se que o plantio seja realizado nos meses de março a julho, de preferência no período final da tarde, evitando assim que as mudas venham a morrer antes do 'pegamento'. De acordo com a largura dos canteiros, esses podem ser divididos em duas ou quatro linhas e, de acordo com o espaçamento adotado, as plantas apresentarão arranjos quadráticos, retangulares ou em forma de um quincônico. Essa sistematização das plantas nos canteiros visa a um aproveitamento mais adequado da área de cultivo e, consequentemente, melhor desenvolvimento radicular das mudas transplantadas. Durante o transplante, é necessário que a muda seja colocada em uma cova com formato adequado, ou seja, a muda não pode estar abaixo da superfície do solo (não enterrar a coroa da muda), pois assim sendo feito tanto o sistema radicular quanto a parte aérea se desenvolverão normalmente.

As principais cultivares utilizadas atualmente em várias regiões do Brasil são Oso Grande, Camarosa, Ventana, Camino Real,Palomar, Festival, Albion, Diamante, San Andreas, Monterey e Portola.

4.1.4 Tratos culturais

É notório que a cultura do morango é muito desafiadora quanto aos aspectos fitossanitários; por isso, é muito importante que o produtor realize sempre a rotação de culturas (com pastagens ou forrageiras) ou o pousio da área por alguns anos; fazendo assim, os riscos com prejuízos causados por pragas e por doenças são minimizados. O controle de plantas invasoras é também de extrema importância, pois há uma grande concorrência entre estas e as plantas de morango,resultando em uma menor produtividade e frutos fora do padrão comercial. Para o controle das plantas invasoras, o mais recomendado é o uso de cobertura do canteiro com plástico, tal prática ajuda também a manter a temperatura do solo e sua estrutura física e redução de perda de frutos. Muitos produtores, em períodos chuvosos, utilizam também, nas áreas de cultivo, túneis baixos de plástico evitando danos e alagamentos pelo excesso de água. Por não ser tolerante à umidade excessiva o ideal é que o morango seja irrigado pelo sistema de gotejamento, o que pode facilitar também a fertirrigação.

4.1.5 Doenças e pragas

Dentre as principais doenças do morango, destacam-se antracnose do rizoma (*Colletotrichum fragariae* Brooks), flor preta (*Colletotrichum acutatum* Simmonds), mancha de mycosphaerella (*Ramularia tulasnei* Sacc.), mancha de diplocarpon (*Marssonina fragariae* Lib. Kleb.), mancha de dendrophoma (*Dendrophoma obscurans* Ell. & Ev. H.W.Anderson), mancha de gnomonia

(*Gnomonia comari* P. Karst), mancha de pestalotiopsis (*Pestalotiopsis longisetula* Guba X.A. Sun. & Q.X. Ge), murcha de verticillium (*Verticillium dahliae* Kleb.), murcha de sclerotium (*Sclerotium rolfsii* Sacc.), podridão da coroa e dos brotos (*Rhizoctonia solani* Kuhn), Oídio (*Oidium* sp.), podridão de esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib. De Bary), podridão de phytophthora (*Phytophthora cactorum* Leb & Cohn Schorot), podridão das raízes (*Fusarium* sp., *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Cylindrocladium* sp. e *Phytophtora* sp.), mofo cinzento (*Botrytis cinerea* Pers ex. Fr.), podridão de rhizopus (*Rhizopus stolonfer*), mancha angular (*Xanthomonas fragariae* Kennedy & King), clorose marginal (*Strawberry mild yellow edge associate virus e Strawberry mild yellow edge virus*), encrespamento (*Strawberry crickle virus*), mosqueado (*Strawberry mottle virus*) e faixa das nervuras (*Strawberry vein banding virus*).

As principais pragas do morangueiro são ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch), ácaro do enfezamento (*Phytonemus pallidus* Banks), pulgão da raiz do morangueiro (*Aphis forbesi* Weed), pulgão verde do morangueiro (*Chaetosiphon fragaefolli* Cockerell) e tripes (*Frankliniella occidentalis* Pergande).

Os detalhes de cada praga e patógeno e seus métodos de controle serão descritos em um capítulo à parte.

4.1.6 Colheita e pós-colheita

Com base nas características físico-químicas do fruto do morangueiro, a colheita e a pós-colheita devem ser realizadas em período de tempo curto, evitando a depreciação do produto a ser comercializado.

Geralmente a colheita tem início por volta do segundo mês após o plantio, podendo-se estender por mais vinte dias. Diariamente, realizam-se a colheita dos frutos, a qual é manual, e a sua embalagem em recipientes apropriados. Após a colheita e a embalagem, é recomendado o imediato resfriamento do produto, garantindo assim maior período de conservação.

5 Referências

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2018.

ALMEIDA, D. Cucurbitáceas. In:______. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Presença, 2006. p. 111-194. v. 2.

ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A . L. **A cultura do morango**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

AJURU, M. G. E.; OKOLI, B. E. The morphological characterization of the melon species in the family Cucurbitaceae Juss., and their utilization in Nigeria. **International Journal of Modern Botany**, Rosemead, v. 3, n. 2, p. 15-19, 2013.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VASCONCELLOS, M. A. S. A cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora Unesp, 1998. p. 161-193.

CASTRO, J. M. de. **Caracterização morfológica e divergência em acessos de meloeiro**. 2015. 39 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.org.br>. Acesso: 14 maio 2018.

DALASTRA, G. M. et al. Trocas gasosas e produtividade de três cultivares de meloeiro conduzidas com um e dois frutos por planta. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 365-371, 2014.

EMATER-Instituto paranaense de assistência técnica e extensão rural. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/>. Acesso: 10 maio 2018.

FILGUEIRA, F. A. R. Cucurbitáceas - pepino e outras hortaliças frutos. In: ______. (Org.). **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa:UFV, 2012. p. 321-333.

______. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000.

FILHO, J. D. et al. **Morango tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999.

FONTES, P. C. R. Cultura do pepino. In: FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M. (Org.). **Olericultura**: teoria e prática. 1. ed. Viçosa: UFV, 2005.

______. **Olericultura**: teoria e prática. 1. ed. Viçosa: UFV, 2005.

FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M. Cultura do pepino. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura**: teoria e prática. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV, 2005. p. 439-455.

FRITSHE-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011.

______. **Melhoramento de plantas para condições de estresses bióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

FROST, D. J.; KRETCHMAN, D. W. Calcium deficiency reduces cucumber fruit and seed quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, no. 4, p. 552-556, 1989.

GIORDANO, L. B. **Cultivo da ervilha (*Pisum sativum* L.)**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 1997.

GUIMARÃES, M. A. **Produção de melancia**. Viçosa: Editora UFV, 2013.

______; JUNQUEIRA, M. S.; SOUZA, E. G. Colheita, transporte e conservação pós-colheita. In: GUIMARÃES, M. A. (Org.). **Produção de melancia**. Viçosa: Editora UFV, 2013.

GROPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J.; BLANCO, M. C. S. G. **A cultura do morangueiro**. Campinas: CATI, 1977. (CATI. Boletim técnico, 201).

JEFFREY, C. A review of the Cucurbitaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 81, no. 3, p. 233-247, 1980.

KATAYMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (Org.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 141-147.

KILL, L. H. P. et al. Evaluation of floral characteristics of melon hybrids (*Cucumis melo* L.) in pollinator attractiveness. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 1-12, 2016.

KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Fitotecnia, Olericultura Teórica e Pratica. v. 2.

LUENGO, R. F. A. Colheita, pós-colheita e comercialização. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). **Abóboras e morangas: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 190-203.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

NASCIMENTO, W. M. **Hortaliças leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PARIS, H. S.; AMAR, Z.; LEV, E. Medieval emergence of sweet melons, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae). **Annals of Botany**, London, v. 110, no. 1, p. 23-33, 2012.

NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e morangas**: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2017.

PEREIRA, F. H. F. et al. Crescimento de planta, partição de assimilados e produção de frutos de melão amarelo sombreado por diferentes malhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, p. 1774-1781, 2015.

QUEIROGA, R. C. F. et al. Partição de assimilados e índices fisiológicos de cultivares de melão do grupo *Cantalupensis* influenciados por número e posição de frutos na planta, em ambiente protegido. **Revista CERES**, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 596-604, 2008.

RABELO, J. A.; BALARDIN, R. S. **A cultura do morangueiro**. Florianópolis: EMPASC, 1989. (Boletim técnico, 46).

ROBINSON, R. W.; DECKER-WALTERS, D. S ***Cucurbits***. Oxon, U.K.: CAB International, Wallingford, 1997.

SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. Brasília, DF: Embrapa, 1993.

SANTOS, G. R. dos; ZAMBOLIM, L. **Tecnologias para produção sustentável de melancia no Brasil**. Gurupi: Suprema, 2011.

SIQUEIRA, K. M. M. et al. Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. esp., p. 473-478, 2011.

VALENTE, L. M. M. Cucurbitacinas e suas principais características estruturais. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 944-948, 2004.

VARGAS, P. F. et al. Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 137-142, 2008.

VIDIGAL, S. M. et al. Melão (*Cucumis melo* L.var. *inodorus*; var. *cantaloupensis;* var. *reticulatus*). In: **101 culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 527-536.

ZAWANEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, A. F. **Como produzir morangos**. Curitiba: UFPR, 2014.

CAPÍTULO 4

Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral

Marcelo Augusto Batista, Tadeu Takeyoshi Inoue, Michel Esper Neto e Antonio Saraiva Muniz

1 Introdução

O estudo da fertilidade do solo, dos fertilizantes, da adubação e da nutrição mineral de plantas tem sido abordado por vários autores brasileiros e internacionais de forma extensiva e completa. Dessa forma, o objetivo deste capítulo é abordar, sucintamente, os principais aspectos envolvidos para o conhecimento do solo, dos fertilizantes e da nutrição mineral para o bom desenvolvimento de hortaliças-fruto de forma geral.

A demanda de nutrientes por este grupo de plantas é alta, sendo necessário, para produções substanciais, o uso adicional de fertilizantes orgânicos e minerais. Contudo esse uso pode dar-se de forma desordenada, com adubação excessiva, podendo resultar em desequilíbrios, caracterizados pelo excesso de alguns nutrientes e/ou deficiência de outros. Isso acarreta prejuízos financeiros por gastos desnecessários, baixas produções e produtos com menor qualidade nutricional e visual. O uso desordenado de fertilizantes pode também trazer problemas ambientais, como contaminação do solo e da água dos lençóis freáticos, mananciais, nascentes, córregos e rios. Assim, o conhecimento do solo, da capacidade de este fornecer nutrientes e água para as plantas e a demanda nutricional das mesmas são quesitos indispensáveis para o uso adequado dos recursos naturais, a fim de obter as melhores respostas em crescimento e em desenvolvimento das culturas, além de considerar os aspectos econômicos e socioambientais.

Os nutrientes no solo apresentam comportamentos diversos, e o conhecimento das especificidades de cada um possibilita a previsão desses comportamentos em cada cenário de manejo. Os nutrientes que se encontram no solo podem seguir diversas rotas, tais como: serem perdidos por erosão, lixiviação, volatilização, fixação nas argilas do solo, imobilização e absorvidos pelas plantas, desempenhando, nesse caso, seu principal papel. Associado a isso, a exportação dos nutrientes absorvidos pelas culturas juntamente com o produto para fora das áreas de cultivo contribuem para aumentar a complexidade às suas dinâmicas.

Dessa forma, este capítulo abordará questões associadas aos conceitos sobre a química da sorção dos nutrientes catiônicos e aniônicos no solo, a apresentação de cada um dos macro e micronutrientes, informando os principais tópicos associados à dinâmica do nutriente no solo e na planta e, por último, discussões sobre os principais fertilizantes e as formas de adubação.

2 Conceitos sobre fertilidade do solo

2.1 Solo como meio para o desenvolvimento de plantas

O solo é o principal e mais importante meio para desenvolvimento de plantas, porém não é a única forma, visto a possibilidade de as plantas poderem ser desenvolvidas em soluções nutritivas (hidroponia) ou em substratos orgânicos, nos quais recebem os nutrientes por meio de irrigação (fertirrigação).

O solo é produto do intemperismo das rochas. O intemperismo pode ser químico, físico e biológico. Vários fatores e processos atuam conjuntamente, influenciando a formação de uma classe específica de solo. Os fatores que influenciam na formação do solo são o material de origem (rocha ou material orgânico), o clima local, a atividade biológica (macro, meso e microfauna e vegetais), em um determinado relevo e durante um período de tempo. Já os processos que atuam para a diferenciação das camadas e/ou horizontes do solo são os fenômenos de perdas, adição, translocação e transformação dos materiais que ocorrem no perfil do solo. A interação desses fatores formará solos com diferentes fertilidades, cores, profundidades, entre outros atributos.

Tomando uma amostra indeformada de solo, pode-se afirmar que o solo é composto por três fases: sólida, líquida e gasosa (Figura 1). Essas três fases podem se alterar em decorrência de eventos pedoclimáticos, bem como durante o processo de cultivo e manejo do solo. A fase sólida é composta de uma porção mineral e outra orgânica. De forma geral, a maior parte dos solos é composta por minerais (> ou igual a 45% da fase sólida) e a menor parte por compostos orgânicos (< ou igual a 5% da fase sólida). Exceção à regra se dá na classe dos Organossolos, que apresentam participação mais generosa da fração orgânica.

Figura 1 - Composição ideal do solo, com suas respectivas participações do material mineral, material orgânico e espaços vazios (poros do solo) ocupados com água ou ar.

Fonte: Os autores.

As fases gasosa e líquida do solo ocupam os espaços entre as partículas do solo, os chamados poros do solo, que podem ser classificados de forma simplificada como macroporos (Ø efetivo > 0,08 mm) e microporos (Ø < 0,08 mm). Os poros maiores possibilitam a drenagem do excesso de água no solo e são ocupados geralmente com ar. Os poros menores são responsáveis pelo armazenamento de água no solo. Tanto a água, quanto o ar do solo são importantes para o processo

produtivo. A dinâmica de ocupação desses espaços no solo pela água ou ar depende das condições pedoclimáticas e de manejo do solo. Por exemplo, imediatamente após uma chuva com elevado volume e intensidade ou logo após a irrigação, provavelmente quase a totalidade dos poros do solo poderão estar ocupados com água. Porém, se o solo estiver passando por um período longo de seca, provavelmente a totalidade dos espaços estarão ocupados com ar.

A fase líquida ou a solução do solo é composta pela água do solo mais elementos minerais e ar que nela se encontram dissolvidos. Da solução do solo as plantas absorvem a água e, juntamente com a ela, os nutrientes essenciais para o seu adequado desenvolvimento. A fase gasosa é conhecida como o ar do solo. Como o solo é um sistema aberto, o ar atmosférico interage diretamente como o ar do solo e vice-versa. Apesar disso, a composição do ar do solo é diferente do ar atmosférico, sendo as principais diferenças a maior concentração de CO_2 e a menor concentração de O_2 do ar do solo em relação ao ar atmosférico. Estas diferenças na composição do ar do solo se devem aos processos de respiração pelas raízes das plantas e pelos microrganismos do solo.

As partículas do solo, independentemente de sua composição química ou mineralogia, são classificadas quanto ao seu diâmetro efetivo (Tabela 1). A fração menor do que 2 mm é chamada de Terra Fina (TF). As frações mais grosseiras que a TF são as frações cascalho, calhau e matacões que, dependendo da quantidade, podem se tornar problema para o cultivo, dificultando o manejo e o crescimento de plantas. A definição das classes que compõem a TF segue a seguinte ordem decrescente: areia grossa, areia fina, silte e argila, conforme classificação proposta pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

Tabela 1 - Classificação das partículas da terra fina seca ao ar (TFSA) solo de acordo com os tamanhos, conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS)

Frações do solo	Dimensões (mm)
Areia Grossa	2-0,2
Areia Fina	0,2-0,05
Silte	0,05-0,002
Argila	$<$ 0,002 ou 2 μm
Coloides	$<$ 0,001 ou 1 μm

Fonte: Van Lier (2010).

A planta é composta por vários elementos. Mais de 96% em massa da composição elementar das plantas restringem-se a três elementos: carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), também conhecidos como elementos essenciais não-minerais, pois os mesmos originam-se do ar atmosférico e da água que as plantas absorvem principalmente via solo. Esses três elementos são metabolizados pelas plantas pelo processo da fotossíntese. O processo simplificado da fotossíntese ocorre conforme Reação 1.

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow 6O_2 + 6(CH_2O) \quad \text{Reação 1}$$

Os outros 4% da massa das plantas são compostos por outros elementos conhecidos como elementos essenciais minerais,a saber: o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Estes ainda são divididos quanto à sua quantidade requerida pelas plantas, sendo denominado de macronutrientes, requeridos na magnitude de g kg^{-1} (g de

elemento por kg de matéria seca das plantas), e micronutrientes, requeridos na magnitude de mg kg^{-1}. Os macronutrientes são os elementos N, P, K, Ca, Mg e S e os micronutrientes são B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn. Os macronutrientes primários (N, P e K) são assim chamados porque as plantas tendem a usar em maior quantidade e por se tornarem deficientes mais rapidamente nos solos. Já os macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) são necessários em quantidades menores do que os primários e tornam-se deficientes no solo mais lentamente. Ambos, porém, ambos são essenciais e eventualmente essas regras podem ser quebradas. Quando se discutem a qualidade e as características organolépticas de frutos, os macronutrientes secundários assumem importância semelhante à dos primários.

Outros elementos podem compor a planta, entretanto sem essencialidade definida, devendos ser destacado os nutrientes denominados benéficos, como cobalto (Co), sódio (Na), silício (Si) e vanádio (V).

2.2 Coloides e íons do solo

A fração quimicamente ativa do solo se encontra na fração argila do solo (Ø < 2μm), pode apresentar partículas de tamanho diminuto (Ø < 1μm) conhecidas como coloides. São conhecidos dois tipos de coloides nos solos, os coloides inorgânicos, formados pelos argilominerais (caulinita, vermiculita, motmorilonita etc.), pelos óxidos de ferro (hematita, goethita, maghemita etc.) e pelos óxidos de alumínio (gibbsita), e os coloides orgânicos, formados a partir da matéria orgânica do solo (MOS) e constituintes do húmus do solo. Os coloides inorgânicos são formados no processo de intemperismo das rochas durante a formação do solo, sendo produtos desse intemperismo. Já os coloides orgânicos são resultado dos processos de decomposição e de mineralização de materiais orgânicos no solo que irão formar um residual orgânico de composição química variável e mais resistente à mineralização, conhecido como húmus, constituído de substâncias húmicas propriamente ditas (dimensões coloidais, com cargas) e substâncias não-húmicas.

Esses coloides podem apresentar excedente de cargas negativas ou positivas que deverão ser contrabalanceadas pelos íons que se encontram dissolvidos na solução do solo. O excesso de carga líquida negativa dos coloides proporciona a aproximação de íons carregados positivamente (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, NH_4^{+} etc.) por mecanismo de atração eletrostática denominado de ligações eletrostáticas ou iônicas (ligações de baixa energia). Essa habilidadeé conhecida como capacidade de troca catiônica (CTC), que é um dos atributos químicos mais importante do solo. Quando esses coloides apresentam excedente de cargas líquidas positivas, íons de carga negativa (SO_4^{2-}, MoO_4^{2-}, NO_3^{-}, Cl^{-}) irão se aproximar desses coloides pelos mesmos mecanismos de atração eletrostática e os coloides apresentarão capacidade de troca aniônica (CTA). Na maioria dos solos, predomina um balanço de cargas elétricas negativas, explicando a maior ênfase dada à CTC nos estudos de fertilidade do solo.

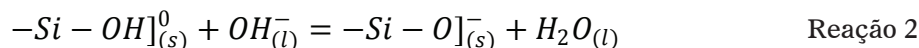
2.3 Origens das cargas do solo

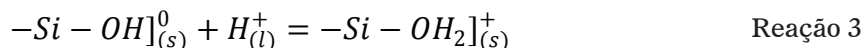
A presença de cargas na superfície dos coloides inorgânicos tem origem da substituição isomórfica (cargas permanentes ou independentes de pH) e/ou pela protonação e desprotonação na superfície dos coloides inorgânicos e orgânicos (cargas variáveis ou dependentes de pH).

Durante a formação dos minerais da fração argila, dependendo da atividade dos íons presentes no meio, pode ocorrer a substituição de íons de raio iônico semelhante, mantendo-se a estrutura original (tetraedros ou octaedros), caracterizando a substituição isomórfica. Porém essa substituição pode ocorrer por íons de carga menor (p.e. Si^{4+} por Al^{3+} folhas tetraedrais ou Al^{3+} por Mg^{2+} e/ou Fe^{2+} folhas octaedrais), gerando, frequentemente, excedente de cargas negativas na estrutura do mineral, como vermiculita e montmorilonita. Já o aumento do pH da solução ao redor do coloide

pode levar à perda de prótons pelos grupos silanol (-Si-OH), aluminol (-Al-OH) e ferrol (-Fe-OH) nos coloides inorgânicos e carboxílico (R-COOH), fenólico (⬡-OH) e álcool (R-OH) da superfície dos coloides e, por sua vez, gerar CTC (Reação 2). A diminuição do pH da solução do solo pode levar ao ganho de prótons pela superfície dos coloides, levando ao aparecimento da CTA (Reação 3).

Surgimento de cargas negativas (CTC) pela elevação do pH

$$-Si - OH]^{0}_{(s)} + OH^{-}_{(l)} = -Si - O]^{-}_{(s)} + H_2O_{(l)} \qquad \text{Reação 2}$$

Surgimento de cargas positivas (CTA) pela diminuição do pH

$$-Si - OH]^{0}_{(s)} + H^{+}_{(l)} = -Si - OH_2]^{+}_{(s)} \qquad \text{Reação 3}$$

Os solos tropicais apresentam, em sua grande maioria, superioridade de coloides com cargas dependentes de pH, ou seja, a elevação do pH do solo é importante para a expressão da CTC. Outro fator importante que contribui para a CTC nos solos tropicais é a presença de MOS.

2.4 Adsorção de cátions e ânions

O processo de adsorção é importante para manutenção da fertilidade do solo, pois os íons adsorvidos podem ser deslocados para a solução do solo e ser absorvidos pelas plantas. Dessa forma, a adsorção de íons servirá como um grande armazém de elementos que poderão atender o suprimento das plantas, influenciando diretamente na capacidade produtiva de cada solo.

Os íons do solo (cátions e ânions) apresentam-se hidratados, sendo a molécula de água a ponte de ligações entre a superfície do coloide e o íon adsorvido. Esse tipo de adsorção é chamado de complexo de esfera externa (CEE), pois entre o íon adsorvido e a superfície do coloide existe, pelo menos, uma molécula de água. Esse tipo de ligação é fraca (ligação eletrostática), porque o íon por si só não consegue ligar-se especificamente em uma posição na superfície do colóide, o que faz que o mesmo seja facilmente trocável por outro íon de carga semelhante que esteja próximo à superfície do coloide. Na Figura 2, pode-se observar que um mesmo mineral (gibbsita ou superfície de uma caulinita) pode apresentar sítios com CTC e com CTA. Os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} possuem um conjunto de moléculas de água que se orientam com o lado mais negativo para a superfície do cátion e o oposto ocorre com o íon Cl^{-}. O Ca^{2+} encontra-se adsorvido à superfície do mineral, apresentando-se trocável (formando um CEE); já os íons Mg^{2+} e Cl^{-} encontram-se próximo ao mineral sem ter uma relação química forte com a superfície deste (íons difusos).

2.5Adsorção específica de ânions

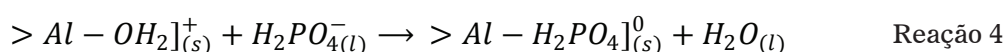
Quando há uma ou mais ligações diretas entre o íon adsorvido e a superfície do coloide, ou seja, sem existir molécula de água entre o íon e a superfície do coloide, esse tipo de adsorção é chamado de complexo de esfera interna (CEI). Nessa de adsorção, outros íons não podem substituir com facilidade o íon adsorvido, devido às ligações relativamente fortes formadas, que dependem da natureza do íon e do tipo do sítio (específico) do coloide. Exemplo desta ligação é a formação de CEI mono ou bidentada (binucleada) entre o ânion fosfato ($H_2PO_4^{-}$) e a superfície de óxidos de ferro e alumínio (Figura 2). Os íons fosfato ($H_2PO_4^{-}$) encontram-se parte na solução do solo (íon difuso) e parte fixado (formando um CEI). Nota-se que entre o íon fosfato e a superfície do mineral não há nenhuma molécula de água, ou seja, as ligações formadas nessa condição são mais fortes, fazendo que o mesmo se torne não trocável e, na maioria das vezes, não disponível (não lábil). Esse

fenômeno é muito importante para o ânion fosfato, cujos mecanismos de adsorção dominantes se dão por formação do CEI, que resulta em menor disponibilidade do elemento, caracterizando o que genericamente é denominado de fixação.

A formação de CEI de alguns ânions, como fosfato ($H_2PO_4^-$), arseniatos (AsO_4^{3-}), molibidatos (MoO_4^{2-}) e sulfatos (SO_4^{2-}), na superfície de óxidos de ferro e alumínio em solos tropicais, é uma reação muito importante, visto a sua influência na disponibilidade desses elementos. A sequência de adsorção específica dos ânions, segundo Parfitt (1980), é a seguinte:

Fosfatos > molibdatos > fluoretos > sulfatos

A ilustração da formação do CEI do ânion $H_2PO_4^-$ em hidróxidos de alumínio (p.e. gibbsita – $Al(OH)_3$) é muito conhecida, conforme reação 4.

$$> Al - OH_2]^+_{(s)} + H_2PO^-_{4(l)} \longrightarrow > Al - H_2PO_4]^0_{(s)} + H_2O_{(l)} \qquad \text{Reação 4}$$

Esta reação irá diminuir a carga líquida positiva do coloide e deixará o ânion $H_2PO_4^-$ fortemente ligado, podendo dificultar sua disponibilização para as plantas. Essa especificidade de ligação acarretará em baixos teores de P dissolvido na solução do solo, podendo comprometer o crescimento e o desenvolvimento de plantas que nesse solo forem cultivadas.

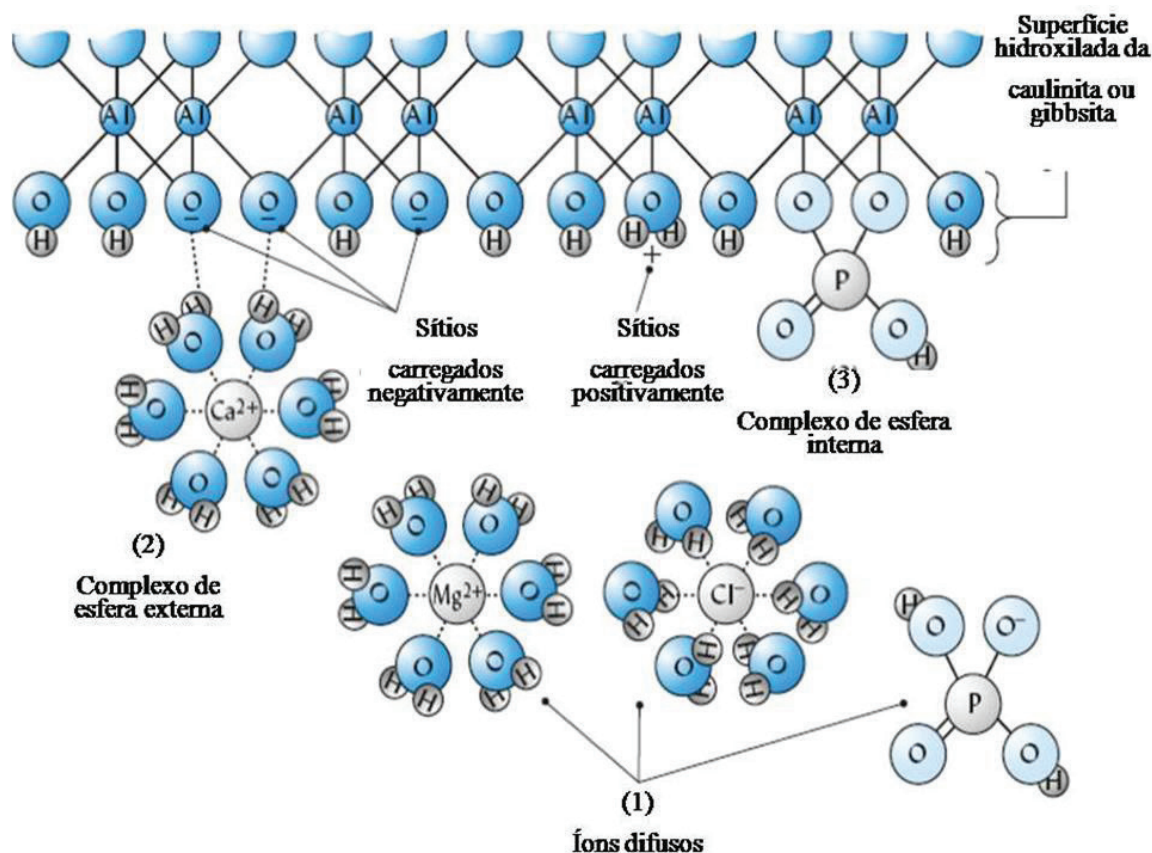



Figura 2 - Representação esquemática dos íons solvatados na solução do solo formando os (1) íons difusos e da adsorção de cátions e ânions em torno de um coloide pela formação de (2) complexos de esfera externa (CEE) e (3) interna (CEI).

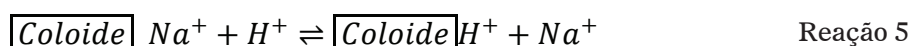
Fonte: Brady e Weil (2013).

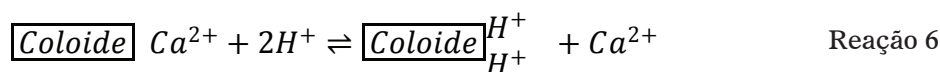
2.6 Reações de troca de cátions

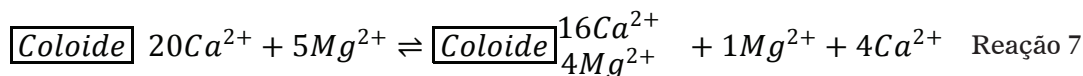
Na superfície dos coloides do solo, existem vários íons que se encontram adsorvidos por meio de CEE que podem ser trocados por outros íons de carga semelhante. A troca catiônica ocorre quando o cátion que se encontra adsorvido se distancia um pouco mais da superfície do coloide do que sua distância normal; com a diminuição da energia de atração, essedá condições para que outro cátion possa assumir a posição próxima à carga negativa da superfície do coloide. Se isso acontecer com um cátion, o processo é chamado de troca catiônica. Os íons adsorvidos por meio de CEE são chamados de íons trocáveis e a superfície dos coloides orgânicos e inorgânicos que tenham cargas (positivas ou negativas) são chamados de complexo de troca de cátions.

Conforme Brady e Weil (2013), os princípios das reações de troca catiônica são a reversibilidade, a equivalência de cargas, a lei da relação, os efeitos dos ânions sobre a ação das massas, a seletividade do cátion e os cátions complementares.

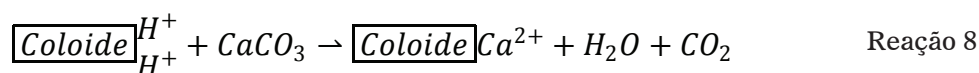
A 'reversibilidade' da reação é um princípio fundamental na reação de troca catiônica: um íon pode substituir outro pela alteração da sua concentração na solução do solo, conforme elucidado na Reação 5.

$$\boxed{Coloide}\ Na^{+} + H^{+} \rightleftharpoons \boxed{Coloide}H^{+} + Na^{+} \qquad \text{Reação 5}$$

A troca catiônica é quimicamente equivalente do ponto de vista das cargas (equivalente de cargas), ou seja, um elemento que possua duas cargas positivas (p.e. Ca^{2+}) deverá ser substituído por outro elemento de carga igual (p.e. Mg^{2+}) ou pela quantidade igual de cargas (p.e. $2K^{+}$ ou $2H^{+}$). Dessa forma, haverá equivalência de cargas (Reação 6).

$$\boxed{Coloide}\ Ca^{2+} + 2H^{+} \rightleftharpoons \boxed{Coloide}\begin{matrix}H^{+}\\H^{+}\end{matrix} + Ca^{2+} \qquad \text{Reação 6}$$

A 'lei da relação' afirma que, quando um sistema está em equilíbrio, vai existir uma relação entre os íons adsorvidos e os íons na solução do solo. Por exemplo, se um coloide apresenta 20 íons de Ca^{2+} adsorvidos e são adicionados ao sistema (solução do solo) 5 íons de Mg^{2+}, para que haja equilíbrio entre a solução do solo e os íons adsorvidos, parte do Ca^{2+} deverá desorver e parte do Mg^{2+} deverá adsorver para que haja relação (proporcionalidade) entre os íons da solução e os íons adsorvidos (Reação 7).

$$\boxed{Coloide}\ 20Ca^{2+} + 5Mg^{2+} \rightleftharpoons \boxed{Coloide}\begin{matrix}16Ca^{2+}\\4Mg^{2+}\end{matrix} + 1Mg^{2+} + 4Ca^{2+} \qquad \text{Reação 7}$$

Porém, caso o íon adicionado ao sistema tenha 1 carga (p.e. K^{+}), a reação torna-se um pouco mais complexa e, até este momento, admitiu-se que os íons se comportam exatamente igual nas reações de troca e de adsorção, o que veremos mais à frente que isso não é verdade.

A determinação de que uma reação de troca aconteça e se mantenha dessa forma (quando o íon desorvido seja impedido de adsorver novamente) pode ser influenciada pelo ânion associado ao cátion (efeito dos ânions sobre a ação das massas). Isso pode acontecer se o íon desorvido 'precipitar', 'volatilizar' ou 'associar-sefortemente' a um ânion. Exemplo clássico disso é a adição de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) ao solo que, ao dissociar-se, irá aumentar a concentração de Ca^{2+} na solução do solo e dos íons CO_3^{2-} e HCO_3^{-} que irão formar OH^{-}. Com o aumento de íons OH^{-}, estes irão consumir H^{+} da solução do solo, os quais serão repostos novamente pelo complexo de troca, gerando sítios de adsorção com cargas negativas, abrindo possibilidade para que o Ca^{2+} seja adsorvido nos coloides do solo. Ou seja, uma vez que os H^{+}vão para a solução do solo, são impedidos de retornarem ao complexo de troca, pois reagem com o OH^{-} formando H_2O, resultando que o sentido da reação seja para a direita (Reação 8).

$$\boxed{Coloide}^{H^+}_{H^+} + CaCO_3 \rightarrow \boxed{Coloide}Ca^{2+} + H_2O + CO_2 \qquad \text{Reação 8}$$

Como citado anteriormente, na realidade, alguns cátions se ligam mais fortemente aos coloides do solo do que outros cátions, fazendo que estes sejam menos susceptíveis de serem deslocados dos coloides do solo. Essa força de ligação geralmente será maior quanto maior for a carga e menor o raio hidratado do cátion. Assim, os cátions são retidos pelos coloides do solo na seguinte ordem, denominada de série liotrópica:

$$H^+ >> Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ = NH_4^+ > Na^+$$

A 'seletividade dos cátions' fica evidente ao constatar que os cátions mais fracamente retidos (menor valência e maior raio iônico hidratado) tendem a ficar mais distantes da superfície dos coloides do solo e, por sua vez, poderão ser mais facilmente deslocados para a solução do solo, ficando mais propensos a serem movimentados para camadas mais profundas, fora do alcance das raízes, o que caracteriza a perda do elemento por lixiviação. Isso explica por que em solos tropicais úmidos os coloides do solo apresentam grande parte de suas cargas balanceadas com íons de Al^{3+} e H^+.

As forças relativas de adsorção podem ser alteradas pela presença de sítios específicos de adsorção para algum cátion. Um exemplo disso é a afinidade de micas finas e vermiculitas pelos íons K^+ devido à CTC e ao espaço ditrigonal existente entre as folhas de tetraedros de silício desses minerais. Outro exemplo disso é a afinidade do Cu^{2+} a alguns sítios dos húmus. Essa seletividade proporciona diminuição das perdas desses íons do sistema solo.

Dependendo do cátion vizinho (B) (às vezes chamados de 'cátion complementar') que se encontra adsorvido ao complexo de troca, esse poderá determinar a facilidade com que outro cátion (A) poderá ser desorvido. Se o cátion B (p.e. Na^+) for um cátion com ligação mais fraca, isso implica que o mesmo oscila a distâncias maiores da superfície de um coloide, enquanto que, se um cátion A (p.e. K^+) apresenta uma força de ligação maior, o mesmo oscila mais próximo da superfície. Com isso, dos cátions adsorvidos, aquele que oscilar mais distante da superfície do coloide será mais facilmente trocado por outro íon adicionado à solução do solo.

2.7 CTC e CTA

A quantidade de cargas negativas e positivas da superfície das partículas que compõem o complexo coloidal do solo são chamadas, respectivamente, de capacidade de trocar cátions (CTC) e capacidade de trocar ânions (CTA). Esses atributos do solo são medidos comumente em termos de quantidades de cargas por massa ou volume de solo. Geralmente esses atributos são medidos em termos de centimol de cargas ou milimol de cargas por decímetro cúbico ($cmol_c\ dm^{-3}$ ou $mmol_c\ dm^{-3}$).

A fim de ilustrar melhor a relação de quantidade de cargas por volume ou massa de solo, algumas informações são importantes. Um mol de qualquer elemento (átomos, moléculas ou carga) descreve a quantidade deste que é expressa pelo número de Avogrado ($6{,}02 \times 10^{23}$). Ou seja, um mol de Ca^{2+} tem $6{,}02 \times 10^{23}$ átomos de Ca^{2+} e um mol de Mg^{2+} tem $6{,}02 \times 10^{23}$ átomos de Mg^{2+} e assim sucessivamente. Como a massa do Ca^{2+} é de 40,08 g mol^{-1} e como o íon Ca^{2+} tem duas cargas positivas, 1 mol_c de Ca^{2+} = 20,04 g (40,08/2) e 1 $cmol_c$ de Ca^{2+} = 0,2004 g (20,04/100). Outro exemplo é o íon Al^{3+}, como a massa do Al^{3+} é de 26,98 g mol^{-1} e como o íon Al^{3+} tem três cargas positivas, 1 mol_c de Al^{3+} = 8,99 g (26,98/3) e 1 $cmol_c$ de Al^{3+} = 0,090 g (8,99/100).

Como discutido anteriormente, a CTC e a CTA podem alterar com mudanças no pH do solo (Reação 2 e 3), principalmente em solos com grande participação de minerais que apresentam

cargas dependentes de pH, caso comum de solos formados em regiões tropicais úmidas e de húmus cujas cargas são predominantemente dependentes de pH. Dessta forma, para a determinação padrão da CTC de solos diferentes, optou-se, no Brasil, determinar a CTC do solo usando uma solução tamponada a pH 7,0. Esses métodos que utilizam soluções tamponadas medem o potencial máximo do solo de adsorver cátions no pH de determinação (pH 7,0), ou seja, será uma CTC potencial ou máxima, comumente chamada de CTC a pH 7,0. Uma forma indireta de se determinar a CTC do solo se dá pela soma das bases trocáveis (SB) do solo (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} e Na^{+}) e dos cátions ácidos do solo ($H+Al^{3+}$). Assim, pode-se escrever matematicamente a SB e a CTC da seguinte forma (Equação 1):

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+} \qquad \text{Equação 1}$$

$$CTC = SB + H + Al^{3+} \qquad \text{Equação 2}$$

Com a determinação da CTC a pH 7,0, infere-se sobre a CTC potencial ou máxima do solo quando em pH 7,0. A determinação mais próxima da condição atual do solo pode ser determinada pela soma da SB mais os íons Al^{3+} trocáveis do solo. Essa CTC é denominada de capacidade de trocar cátions efetiva (CTCe) e pode ser escrita da seguinte forma matematicamente (Equação 3):

$$CTCe = SB + Al^{3+} \qquad \text{Equação 3}$$

O tamanho da CTC do solo depende fortemente de alguns atributos do solo, principalmente da quantidade de argila, do tipo de argila, da quantidade de MOS e do pH do solo. O tipo de argila é função do grau de intemperismo do solo. Dois solos podem ter teor igual de argila e apresentar CTC diferentes, em consequência do grau de intemperismo. De forma geral, solos mais argilosos, solos com argilas mais ativas (vermiculitas, esmectitas, montmorilonitas etc.), solos com mais MOS e com pH próximo da neutralidade tendem a ter maior CTC.

2.8 Saturação por bases do solo

Vários cátions podem ser adsorvidos pelos coloides do solo e os cátions que dominam o complexo de troca influenciam fortemente em seus atributos. As bases trocáveis (SB) do solo (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} e Na^{+}) são, de forma geral, elementos importantes no processo produtivo das culturas e, dessa forma, tem-se calculado de forma relativa a participação dos mesmos na CTC do solo. Essa participação relativa das bases do solo na CTC é chamada de saturação por bases (V%) e pode assim ser descrita (Equação 4):

$$V\% = \left(\frac{SB}{CTC}\right) \times 100 \qquad \text{Equação 4}$$

Da mesma forma, é possível quantificar relativamente cada um dos cátions trocáveis do solo em relação à CTC (porcentagem de saturação), como segue (Equação 5):

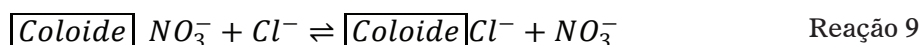
$$n\% = \left(\frac{n}{CTC}\right) \times 100 \qquad \text{Equação 5}$$

Em que *n* pode ser Ca^{2+}, Mg^{2+} ou K^{+}, tendo-se Ca%, Mg% ou K%, respectivamente.

2.9 Reações de troca de ânions

Os principais responsáveis pela CTA, dependendo do pH do solo, são a caulinita, os óxidos de ferro e de alumínio. É um atributo que, dependendo do grau de intemperismo do solo, pode superar a CTC, sendo isso possível em alguns solos tropicais ou horizontes/camadas mais profundos do solo. A troca de ânions pode acontecer por duas vias preferenciais: ou por meio da adsorção aniônica (formação de CEE – p.e. NO_3^-, Cl^- e SO_4^{2-}) ou por fixação (formação de CEI – $H_2PO_4^-$ e SO_4^{2-}).

A troca dos ânions adsorvidos por CEE segue os mesmos princípios da troca catiônica, em que as cargas negativas na superfície dos coloides atraem os ânions para próximo da superfície e pode ocorrer a troca entre os ânions. Como exemplo, pode-se ilustrar a troca de NO_3^- por Cl^-:

$$\boxed{Coloide}\ NO_3^- + Cl^- \rightleftharpoons \boxed{Coloide} Cl^- + NO_3^- \qquad \text{Reação 9}$$

A sequência de adsorção dos ânions segue a seguinte ordem decrescente:

$$SO_4^{2-} >> MoO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^- > H_2BO_3^-$$

Isso irá ocorrer de forma equivalente do ponto de vista de cargas e, diferentemente da CTC, a CTA diminui com o aumento do pH.

A troca de ânions é importante para a manutenção dos ânions do solo, evitando que os mesmos sejam perdidos por lixiviação. Esse atributo tende a aumentar com o aumento da profundidade do solo em solos tropicais devido, principalmente, à diminuição da MOS nas camadas mais profundas do solo.

2.10 Elemento disponível

Os elementos químicos se distribuem no solo na forma de variados compostos inorgânicos (minerais cristalinos e minerais de baixa cristalinidade, ou amorfos) e orgânicos (MOS), íons adsorvidos aos coloides minerais e orgânicos do solo e íons na solução do solo. Um elemento M, Al, por exemplo, pode fazer parte da rede cristalina de um mineral caulinita ou do mineral gibbsita – $Al(OH)_3$ (Figura 2), pode ocorrer na forma iônica (Al^{3+}), adsorvido aos coloides do solo e estar em equilíbrio com íons Al^{3+} na solução do solo. Além disso, íons Al^{3+} podem formar complexos com a matéria orgânica, caracterizando as formas orgânicas de ocorrência do elemento.

Sob o ponto de vista de nutrição mineral de plantas, são de interesse os elementos que estão na 'solução do solo' e aqueles que estão na fase sólida que podem ser transferidos para a solução, como os 'íons trocáveis'. Além desses, existe uma parte dos elementos que estão na fase sólida que não são trocáveis, mas que podem ser solubilizados (formas metaestáveis), transferidos para solução e ser absorvidos pelas plantas, via raízes. Esses elementos são de interesse da análise de solo para fins de avaliação da fertilidade do solo, ou seja, de avaliar a capacidade do solo em fornecer nutrientes para as plantas. Esse conjunto de elementos que estão na fase sólida e são transferíveis para a solução constituem a reserva lábil do solo, origem do 'teor disponível' para as plantas, estimado via a análise de solo, com o uso de substâncias químicas, denominadas de extratores. A premissa para o uso de extratores é a de extrair os elementos de interesse em quantidades que correlacionam com o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Essa correlação significa que variações nas quantidades extraídas implicam variações nas quantidades absorvidas, com impactos no crescimento das plantas (Figura 3).

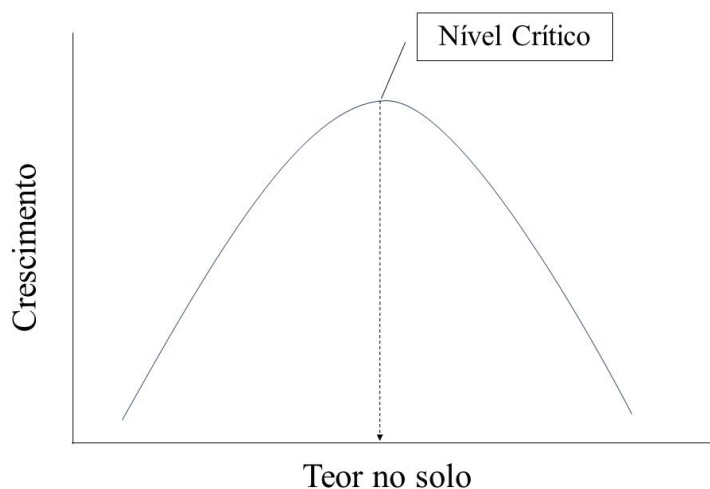



Figura 3 - Crescimento de planta em função de teor no solo estimado por um extrator (relação esperada quando o extrator é capaz de avaliar o disponível).
Fonte: Os autores.

Com base nisso, tem-se que um elemento pode ter sua disponibilidade estimada por mais de um extrator. Um exemplo é o fósforo para o qual, no Brasil, são usados dois métodos de análise: resina aniônica (sólida, esférica, saturada com $NaHCO_3$) e extrator Mehlich-1 (mistura de HCl 0,025 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125mol L^{-1}). Esses extratores têm modos de interação com o solo diferentes, indicando teores de P diferentes para um mesmo teor efetivo para as plantas. Extratores distintos extraem teores diferentes e indicam níveis críticos diferentes e critérios de interpretação idem. Entenda-se nível crítico (NC) como o teor mínimo no solo para o ótimo crescimento desejado da planta. Por outro lado, um extrator pode ser usado para estimar a disponibilidade de mais de um elemento, como é o caso do Mehlich-1 usado na determinação de P, K, Fe, Cu, Mn, Zn.

2.11 Reação do solo

2.11.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A reação do solo reflete a atividade de íons H^+ e OH^- na solução do solo, medida pelo pH (pH = -Log (H^+)) em que a atividade do H^+ é dada em mol L^{-1}, cuja escala varia de 0 a 14, considerando que (Reação 10):

$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^- \qquad \text{Reação 10}$$

$$K_w = \frac{(H^+) + (OH^-)}{(H_2O)^2} = (H^+)(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$$

considerando (H_2O) = 1 em T= 298 K e P = 101,325 kPa, tem-se:

$$(H^+)(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$$

Aplicando-se -Log tem-se:

$$[-Log(H^+)] + [-Log(OH^-) = -Log10^{-14}$$

$$[-Log(H^+)] + [-Log(OH^-)] = 14$$

Para $H^+ = OH^-$ tem-se $H^+ = 10^{-7}$ e $OH^- = 10^{-7}$

$$-Log(H^+) = -Log(10^{-7}) = pH = 7{,}0$$

$$-Log(OH^-) = -Log(10^{-7}) = pOH = 7{,}0$$

Se $(H^+) > 10^{-7}$, tem-se mais íons H^+ em solução,ou seja, pH <7,0; e

Se $(H^+) < 10^{-7}$, tem-se mais íons OH- em solução, ou seja, pH > 7,0.

A reação do solo pode ser caracterizada como reação ácida, reação alcalina ou reação neutra. Na reação ácida (pH<7,0), há predomínio de íons H^+ na solução do solo; na reação alcalina (pH>7,0),há predomínio de íons OH^- e, na reação neutra (pH=7,0),há equilíbrio desses íons. O pH=7,0 é uma condição pontual e efêmera, com os solos apresentando seu pH na faixa ora ácida, ora alcalina.

2.11.2 O que condiciona a acidez ou a alcalinidade do solo

A condição ácida ou alcalina do solo é consequência da remoção e/ou adição de bases no solo, bem como de produtos que podem originar íons H^+, pela ação de fatores naturais e/ou antrópicos (manejo). A acidificação do solo caracteriza-se pela intensa remoção das bases do solo (Ca, Mg, K e Na), associada com a adição de íons H^+, os quais têm sua origem primária na dissolução e na reação do CO_2 na água, de acordo com a Reação 11:

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H^+ + HCO_3^- \qquad \text{Reação 11}$$

Os íons H^+ têm retenção preferencial nos coloides do solo, condicionando-se um ambiente com maior proporção deles na solução do solo. A remoção de bases ocorre, naturalmente, em ambientes em que o balanço hídrico é positivo, ou seja, a precipitação pluviométrica é maior que a evapotranspiração, gerando um excesso de água que percola no perfil do solo, carregando consigo Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+e Na^+ liberados durante o intemperismo (lixiviação), inclusive o HCO_3^-. A remoção é continuada e tanto mais intensa quanto mais plano é o relevo, caracterizando os ambientes de ocorrência dos Latossolos, condição dominante nas regiões tropicais úmidas, onde a maioria dos solos é ácida. Na Tabela 2, observa-se que os resultados de análise de dois Latossolos ácidos, na região de Maringá – PR.

Tabela 2 - Resultado de análise de fertilidade de dois Latossolos na região de Maringá – PR

Solo	pH	pH	H+Al	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB	CTC	V
	$CaCl_2$	H_2O	$cmol_c\ dm^{-3}$							%
LVd[1]	3,8	4,6	4,74	1,00	1,35	0,42	0,14	1,91	6,65	29
LVdf[2]	nd	5,1	4,80	0,60	3,80	1,00	0,06	4,86	9,66	50

[1]Latossolo formado a partir de arenito (textura média); [2]Latossolo desenvolvido a partir do basalto (textura muito argilosa). nd = não determinado.

Fonte: Os autores.

Outras causas da acidificação são a liberação de H^+ pelas raízes quando da absorção de cátions para manutenção da eletroneutralidade interna da planta, a exportação de bases do solo com consequente diminuição dos seus teores no solo, a dissociação de grupos ácidos da matéria orgânica e a adição de adubos nitrogenados, fontes de íons NH_4^+. As bactérias do grupo *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, ao utilizarem os íons NH_4^+ como fonte de energia, oxidam N- NH_4^+ a NO_2^- e NO_3^-, com liberação de íons H^+, segundo as reações 12 e 13:

$$NH_4^+ + 1{,}5O_2 \xrightarrow{-6e} NO_2^- + 2H^+ + H_2O \ (Nitrossomonas) \qquad \text{Reação 12}$$

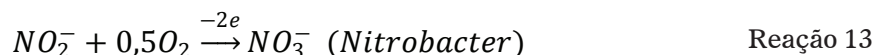
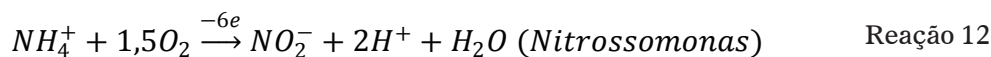
$$NO_2^- + 0{,}5O_2 \xrightarrow{-2e} NO_3^- \ \ (Nitrobacter) \qquad \text{Reação 13}$$

Na Tabela 3, tem-se um exemplo do efeito do cultivo na acidificação do solo. O solo sob mata nativa apresenta pH na faixa alcalina e, na área de cultivo adjacente à mata nativa, os solos estão na faixa ácida, reflexo das ações naturais e antrópicas que levaram à remoção de bases, adição de H^+, com consequente diminuição dos teores de Ca e Mg, diminuição do pH do solo, presença de alumínio trocável (Al^{3+}). Eventos naturais e antrópicos explicam a acidificação de solos agrícolas, em sistemas puramente extrativistas.

Tabela 3 - Reação do solo em área sob mata nativa e em área cultivada, no município de Maringá - PR

Solo	Prof.	pH	pH	H+Al	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB	CTC	V
	(cm)	$CaCl_2$	H_2O	$cmol_c\ dm^{-3}$							%
Mata	0–2,5	7,2	7,7	2,22	0,0	24,81	2,99	0,49	28,29	30,51	93
Mata	2,5–5,0	7,2	7,6	2,37	0,0	16,89	2,62	0,30	19,81	22,18	89
Mata	5,0–10	6,4	7,5	2,54	0,0	7,51	2,47	0,23	10,21	12,75	80
Cultivada	0 –2,5	4,5	5,1	6,67	0,3	3,57	1,39	0,69	5,65	12,32	46
Cultivada	2,5–5,0	4,3	5,0	6,67	0,5	2,19	1,17	0,49	3,85	10,52	36
Cultivada	5,0–10	4,1	4,7	7,79	0,5	1,83	0,82	0,52	3,17	10,96	29

Fonte: Os autores.

A alcalinização é beneficiada pelas condições ambientais que favorecem a permanência das bases liberadas durante o intemperismo. Ações antrópicas podem contribuir para a alcalinização, pela adição no solo de corretivos agrícolas e de outros compostos, fontes de Ca, Mg e OH^-. São registrados casos de alcalinidade em áreas de cultivos de hortaliças em estufas e até mesmo a céu aberto, embora sejam situações mais restritas. Na Tabela 4 tem-se resultado de análise de solo sob horta, que recebeu altas doses de insumos fontes de Ca, Mg e OH^-, ocasionando na elevação das bases do solo, saturação por bases e pH na faixa alcalina.

Tabela 4 - Resultado de análise de fertilidade do solo sob horta pertencente a Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Solo	pH	pH	H+Al	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB	CTC	V
	$CaCl_2$	H_2O	$cmol_c\ dm^{-3}$							%
Canteiro 1	7,1	7,4	2,03	0,00	19,6	7,0	1,72	28,32	30,35	93
Canteiro 2	7,0	7,3	2,03	0,00	18,4	6,0	1,99	26,39	28,42	93
Canteiro 3	7,0	7,3	2,03	0,00	15,5	6,0	1,99	23,49	25,52	92

Fonte: Os autores.

2.11.3 Reação do solo e a disponibilidade de nutrientes no solo

A reação do solo interfere em processos biológicos, químicos e físico-químicos no solo. Entre esses processos, destaca-se a disponibilidade dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), dos micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) e de elementos tóxicos, especialmente o Al^{3+}. Na Figura 4, tem-se um resumo da disponibilidade de nutrientes ede elementos tóxicos, em função do pH.

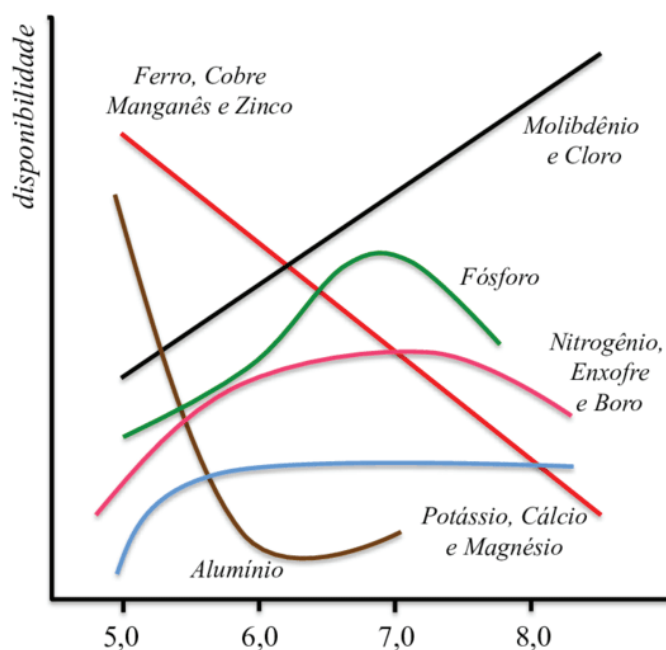



Figura 4 - Efeito do pH do solo na disponibilidade de nutrientes pelo solo.
Fonte: Malavolta, Boareto e Paulino (1991).

Em alta acidez, há limitações na disponibilidade de Ca, Mg e K e favorecimento na disponibilidade de Al^{3+} fitotóxico. O alumínio tem sua disponibilidade favorecida em condições ácidas, ocorrendo a sua solubilização quando o pH em água decresce a valores menores que 5,6, podendo atingir níveis tóxicos, dependendo dos teores efetivos no solo e da sensibilidade das plantas ao elemento. Aumento de pH propicia aumento da disponibilidade de Mo e Cl, mas resulta na diminuição da disponibilidade dos micronutrientes Cu, Fe, Mn, Ni e Zn, que podem atingir

níveis insuficientes, na faixa da alcalinidade. O fósforo pode ter sua disponibilidade diminuída em condições de acidez média a elevada ($pH < 5,5$) e quando em condições de alcalinidade ($pH>7,5$). Nitrogênio tem disponibilidade aumentada pelo aumento da mineralização da matéria orgânica com o aumento do pH. O enxofre tem sua disponibilidade aumentada pelo incremento da dessorção do mesmo com o aumento do pH e pela maior mineralização da matéria orgânica. Boro tem sua disponibilidade diminuída especialmente em condições alcalinas. Considerando esses aspectos, o pH adequado para a maioria das culturas situa-se na faixa de 6,0-7,0, incluindo aí as hortaliças- fruto.

2.11.4 A acidez do solo

O solo apresenta acidez ativa e acidez de reserva ou potencial (Figura 5). A acidez ativa se refere aos íons H^+ dissociados na solução do solo, medida pelo pH, determinada com relativa facilidade e êxito com o uso do instrumento pHmetro (potenciômetro de hidrogênio, medidor de pH). No Brasil, as determinações mais comuns são pH em água (pH_{H2O}) e pH em solução de $CaCl_2$ 0,01M (pH_{CaCl2}).

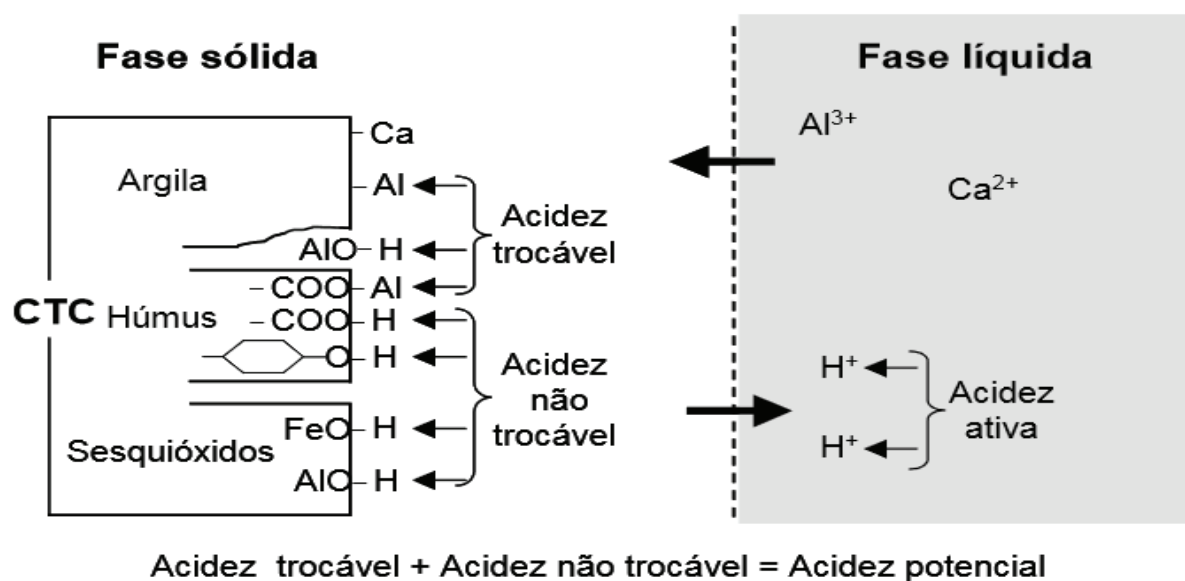



Figura 5 - Componentes da acidez do solo na fase sólida e na fase líquida.
Fonte: Raij e Quaggio (1983).

A acidez potencial de reserva refere-se aos íons hidrogênio, dissociáveis de várias fontes no solo, estimada pelos teores de $H + Al^{3+}$, expresso em $cmol_c\, dm^{-3}$. Ela é constituída de duas frações: a) fração trocável (acidez trocável), representada pelos íons Al^{3+} e pequena porção H^+ trocável adsorvidos aos coloides do solo; b) fração não trocável(acidez não trocável), constituída pelos íons H^+ dissociáveis de diversas fontes, como os que se encontram ligados covalentemente a compostos da matéria orgânica (grupos carboxílicos e fenólicos), aos minerais de argila com carga variável eaos íons provenientes da hidrólise do Al^{3+}.

No Brasil, utiliza-se a solução tampão SMP ($pH=7,5$) ou acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} a $pH = 7,0$ para a estimativa da acidez não trocável e trocável ($H + Al^{3+}$). Para estimativa da acidez trocável, são usadas soluções salinas não tamponadas, tal como o KCl 1 mol L^{-1}.

2.11.5 Correção da acidez do solo

Para a correção da acidez do solo são utilizados os corretivos agrícolas.Os principais deles são os calcários agrícolas que têm, em sua constituição básica, $CaCO_3$ e $MgCO_3$. São denominados calcários dolomíticos quando apresentam teor equivalente de MgO > 12%, calcário calcítico quando o teor equivalente de MgO é < 5% e magnesiano quando o teor equivalente de MgO está entre 5%-12%. São também corretivos agrícolas CaO, MgO, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $CaSiO_3$ e $MgSiO_3$. A característica comum a todos eles é a de fornecer íons Ca^{2+}, Mg^{2+} e OH^-(Reações de 14 a 21).

$$CaCO_3, MgCO_3 + 2H_2O \rightarrow \boxed{Ca^{2+} + Mg^{2+}} + 2HCO_3^- + \boxed{2OH^-}$$ Reação 14

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + \boxed{OH^-}$$ Reação 15

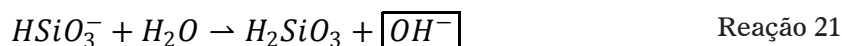
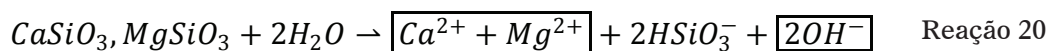
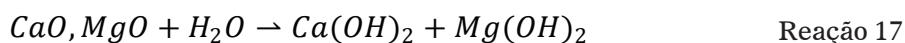
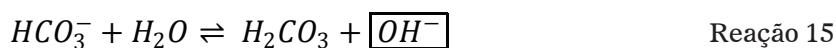
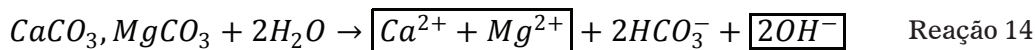
$$H_2CO_3 \leftrightharpoons CO_2 + H_2O$$ Reação 16

$$CaO, MgO + H_2O \rightharpoonup Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2$$ Reação 17

$$Ca(OH)_2 \rightharpoonup \boxed{Ca^{2+} + 2OH^-}$$ Reação 18

$$Mg(OH)_2 \rightharpoonup \boxed{Mg^{2+} + 2OH^-}$$ Reação 19

$$CaSiO_3, MgSiO_3 + 2H_2O \rightharpoonup \boxed{Ca^{2+} + Mg^{2+}} + 2HSiO_3^- + \boxed{2OH^-}$$ Reação 20

$$HSiO_3^- + H_2O \rightharpoonup H_2SiO_3 + \boxed{OH^-}$$ Reação 21

As cinzas de origem vegetal podem ser fontes desses íons, com potencial para corrigir acidez, mas, devido às pequenas concentrações, teriam que ser usadas em grandes quantidades. É possível que isso aconteça em sistemas de produção de hortaliças, o que contribui para a alcalinização dos solos, em alguns casos.

A correção da acidez se dá pela reação entre os íons OH^- e os íons componentes da acidez do solo (H^+ e Al^{3+}), conforme reações 22 e 23:

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$ Reação 22

$$Al^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3$$ Reação 23

As plantas apresentam variações quanto à faixa ideal de pH, à função das exigências das mesmas em nutrientes e à tolerância ao Al^{3+}. A correção de acidez será norteada pelo pH do solo

e/ou a saturação por bases (V%), adequado para a planta de interesse, haja vista a relação linear existente entre pH e V%, ou seja: quando se aumenta V%, aumenta-se o pH. Valores desses atributos abaixo dos valores adequados para a cultura (Tabela 5) são indicadores da necessidade da prática de calagem. Hortaliças-fruto, de maneira geral, apresentam baixa tolerância à alta acidez, com saturação por bases adequada > 70% e pH > 6,0. São inadequadas condições de pH <5,5 e> 7,5, considerando os efeitos do pH na disponibilidade de nutrientes e/ou elementos tóxicos e seus reflexos negativos no crescimento e no desenvolvimento das plantas.

Tabela 5 - Valores de pH_{H2O} (relação solo:solução de 1:1) e saturação por bases (V%) adequados para algumas hortaliças-fruto

Hortaliças	V%			pH
	PR[1]	SP[2]	MG[3]	RS e SC[4]
Abobrinha		80	65-70	6,0
Berinjela		80	70	6,0
Ervilha		80		6,0
Feijão vagem		80	70	
Jiló		80	70	
Melancia		70	65-70	6,0
Melão		70	80	6,0
Morango	70	80	80	6,0
Pepino		80	75	6,0
Pimenta		80		
Pimentão		80	70	6,0
Quiabo		80	70	
Tomate	80	80	70-80	6,0

[1] Segundo Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná. [2] Segundo Boletim Técnico 100 – SP.[3] Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.[4] Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Fonte: Os autores.

O alto uso de adubos minerais e adubos orgânicos nos sistemas de produção de hortaliças é uma realidade, decorrente da estratégia de aplicar esses insumos por prescrição, na maioria das situações. O monitoramento via análise de solo visa à verificação de limitações por acidez ou alcalinidade, sendo possível a partir de um ciclo de cultura, haja vista asespecificidades de manejo nesses sistemas. Não raro, verificam-se condições de solos alcalinos, com indícios de salinidade, especialmente em ambientes de cultivo protegido. Nessas situações, deve-se atentar para o monitoramento das áreas de produção, de modo a evitar estresses nutricionais, consequência de alcalinidade e/ou excesso de sais, com impacto na disponibilidade de micronutrientes e água.

São índices úteis para verificação de salinidade a condutividade elétrica (CE), o pH do solo, a porcentagem de saturação de sódio trocável (PST). Solos com indícios de salinidade apresentam pH na faixa alcalina, CE > 4 dS m^{-1}, PST > 15%. Raij e Quaggio (1983) encontraram que o valor do pH_{CaCl2} foi 0,6 menor que o valor do pH_{H2O}. No entanto, essa diferença pode ser maior ou menor,

representando 0,6 a média das diferenças. Quando a diferença é mais estreita (< 0,3) e está na faixa alcalina, pode constituir um alerta para excesso de sais.

$$PST = \left(\frac{Na^{+}}{CTC}\right) \times 100 \qquad \text{Equação 6}$$

2.11.6 Amostragem do solo

O princípio básico da amostragem é a 'homogeneidade da gleba', que continua válido para os sistemas com hortaliças, com a 'gleba' podendo ser área com dimensões de canteiros pequenos, como 50 m^2,ou menores. Nesses sistemas, o manejo de adubação é o fator decisivo na definição de homogeneidade da área-canteiro que, será representada pela amostra, que em última instância, será considerado, ou não, com base na relevância da área que se pretende analisar, independentemente de suas dimensões físicas. Deve-se ter em mente que quanto maior o número de amostras simples por canteiro maior a representatividade da amostra. Entretanto é recomendável que não seja inferior a 3, mesmo para os canteiros com dimensões mesmo que diminutas, com 15-20 amostras simples para áreas maiores, respeitada a homogeneidade. A profundidade de coleta deverá ser a profundidade de incorporação dos corretivos, fertilizantes orgânicos e minerais.

3 Macronutrientes

3.1 Nitrogênio (N)

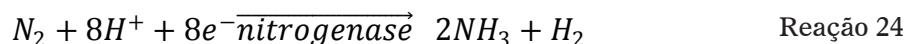
O N é o nutriente requerido em maiores quantidades pela maioria das plantas, participa da estruturade metabólitos fundamentais para o desenvolvimento dasmesmas, como aminoácidos, proteínas, enzimas, coenziamas, ácidos nucléicos (DNA e RNA), pigmentos, lipoproteínas e vitaminas.

As formas preferencialmente absorvidas pelas plantas são nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), nessa ordem.O contato entre esses íons e as raízes das plantas acontece por meio do fluxo de massa juntamente com a água que se move do solo para a raiz. Algumas formas de aminoácidos também podem ser absorvidas, porém são de pouca ocorrência, visto que raramente são encontrados na forma livre nos solos.

Após a entrada no citosol, as formas de N são reduzidas a nitrito (NO_2^-) e posteriormente convertidas a NH_4^+ no plastídio, para então serem incorporadasàs estruturas de aminoácidos e metabólitos.Concomitantemente, em alguns casos, o NO_3^-e o NH_4^+ podem ser transportados para o vacúolo para serem reduzidos ou redistribuídos inalteradamente para a parte área da planta. A quantidade de N requerida pela planta não é estática durante seu ciclo. Geralmente, a necessidade aumenta gradativamente durante os estádios vegetativos até atingir seu ápice no florescimento e diminui nas fases mais avançadas de desenvolvimento.Em situações severas de deficiência de N, os sintomas são clorose generalizada das folhas mais velhas.(devido à diminuição das clorofilas e à alta mobilidade do elemento nos vegetais que são redistribuídos para regiões mais novas que necessitam do elemento), diminuição do crescimento e da produção.

A principal fonte de N está na atmosfera (gás – N_2), diferentemente de outros elementos que são provenientes de rochas e minerais. Para o N atmosférico ser transferido até o solo, alguns mecanismos estão envolvidos, como a fixação atmosférica por meio dos relâmpagos. A alta energia proveniente das descargas elétricas atmosféricas faz que a tripla ligação do N_2 se rompa, formando óxidos que posteriormente reagem com a H_2O da chuva formando HNO_3 que chega ao solo. Outra

forma da chegada do N-atmosférico até o solo é via fixação biológica (fixação simbiótica e não-simbiótica). O N_2 é transformado em NH_3 pelo organismo fixador e fixado em cadeias de compostos orgânicos (Reação 24), este mecanismo é responsável por até 92% de todo o N adicionado ao solo proveniente da atmosfera.

$$N_2 + 8H^+ + 8e^- \overrightarrow{nitrogenase} \ 2NH_3 + H_2$$ Reação 24

As bactérias responsáveis pela fixação podem ser de vida livre, como *Azotobacte*r, *Beijerinckia* e cianobactérias, ou de vida simbiótica, como as bactérias do gênero *Rhizobium* comum em leguminosas.

No solo, acontecem constantemente várias reações químicas envolvendo o N, quetêm início no processo de mineralização da MOS. Essas reações são influenciadas pelo ambiente, afetando diretamente a dinâmica do elemento e, por sua vez, a absorção pelas plantas. Merecem destaque a fixação de N, de interesse em solos com argilas 2:1; as que envolvem perdas de N no solo, que são principalmente a lixiviação do nitrato (NO_3^-), volatilização de amônia (NH_3) e emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x).

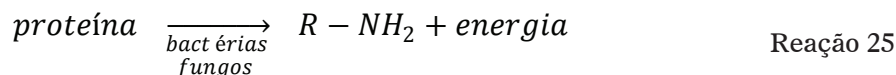
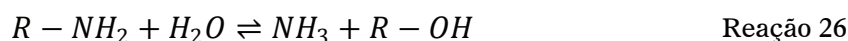
O N da MOS é importante fonte do elemento no solo. Em média, apenas 5% do N encontra-se na forma mineral no solo; a grande maioria apresenta-se na forma orgânica (95%). Para que esse se torne disponível, é necessário que ocorra a mineralização, ou seja, a passagem do N-orgânico para N mineral. A passagem acontece com o auxílio de microrganismos que decompõem a matéria orgânica por meio dos seguintes processos: primeiro a aminização (Reação 22), depois a amonificação (Reaçõesde 25 a 27).

Reação de aminização

$$proteína \xrightarrow[fungos]{bact\acute{e}rias} R - NH_2 + energia$$ Reação 25

Reação de amonificação

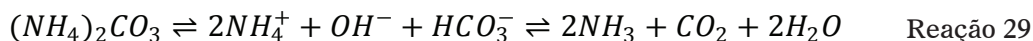
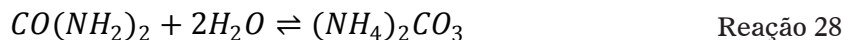
$$R - NH_2 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + R - OH$$ Reação 26

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$ Reação 27

Após a formação de amônio no solo, o cátion formado poderá sofrer várias reações, como adsorção no complexo de troca, absorção pelas plantas, imobilização pelos microrganismos do solo, pode sofrer perda de H^+ (sentido para a esquerda na reação 27) e ser perdido na forma de gás NH_3 (volatilização), fixação do NH_4^+ em minerais do tipo 2:1, ou continuar as reações no solo e sofrer a nitrificação.

A fixação de amônio ocorre em filossilicatos do tipo 2:1, como vermiculitas, esmectitas, montmorilonitas etc. Nas folhas de tetraedros de silício que compõem esses minerais, existe um sítio de adsorção específico (espaço ditrigonal), com tamanho similar ao raio iônico do íon K^+ e NH_4^+, tornando compatível o aprisionamento desses íons. Dependendo das condições ambientais,o amônio poderá retroceder à solução do solo e tornar-se disponível novamente para as plantas. Porém esses minerais não apresentam, de forma geral, participação relevante em solos tropicais (Latossolos, Nitossolos, Argissolos entre os principais), exceção é dada à classe dos Vertissolos.

A volatilização de amônia (NH_3) é um dos processos de perda de N mais comuns em solos agrícolas, principalmente pelo uso de ureia ($CO(NH_2)_2$ com 45% de N), que é um fertilizante nitrogenado muito usado na agricultura. A ureia é transformada pela ação da enzima urease em $(NH_4)_2CO_3$, o qual se dissocia em $2NH_4^+$ + OH^- + HCO_3^-, gerando um ambiente alcalino, que favorece a transformação do NH_4^+ em NH_3, que é um gás que se volatiliza (Reações 28 e 29).

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightleftharpoons (NH_4)_2CO_3$$ Reação 28

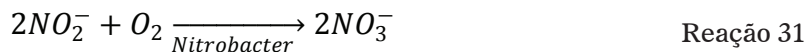
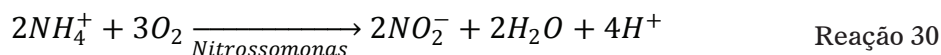
$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_4^+ + OH^- + HCO_3^- \rightleftharpoons 2NH_3 + CO_2 + 2H_2O$$ Reação 29

pH entre 7,0 a 9,0

Essas reações são inerentes à aplicação de ureia no solo, e as perdas serão tanto maiores em aplicações superficiais – em ambientes alcalinos, com altos teores de matéria orgânica ou palha na superfície, frequentes em áreas de produção de hortaliças – bem como em solos de textura média ou arenosa.

A nitrificação é o processo de formação de nitrato (NO_3^-) por meio de dois grupos de bactérias, as *Nitrossomonas* e a *Nitrobacter*. Em uma primeira etapa, o amônio é transformado em nitrito (NO_2^-) pelas *Nitrossomonas*(Reação 30). Nesta etapa, há a liberação de prótons H^+que acidificam o solo. Em uma segunda etapa, o nitrito é transformado em nitrato pela *Nitrobacter* (Reação 31).

Reação de nitrificação

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow[Nitrossomonas]{} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$$ Reação 30

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow[Nitrobacter]{} 2NO_3^-$$ Reação 31

Uma vez gerado o NO_3^-; esse pode ser absorvido pelas plantas, imobilizado pelos microrganismos do solo, desnitrificado ou perdido por lixiviação, sendo este último relevante, dada a muito baixa adsorção de NO_3^- ao complexo de troca e a muito baixa energia de adsorção deste íon ($SO_4^{2-} >> MoO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^-$),bem como a baixa CTA. As perdas de N no solo por lixiviação podem ser consideráveis, uma vez que o ânion nitrato é móvel no solo, em alguns casos chegando a ser 100 vezes maior que a movimentação vertical de P e K.

O processo inverso da mineralização é chamado de imobilização, que é uma diminuição temporária na disponibilidade de N no solo. Tal processo ocorre quando há aporte de material orgânico com alta relação C/N: normalmente em relações acima de 30:1,há predomínio de imobilização de N;em relações C/N abaixo de 30:1, há predomínio de mineralização de N.

A adição de resíduos orgânicos ao solo, com alta relação C/N, pode levar à diminuição dos teores de NO_3^- no solo (Figura 6). Em condições padrões (inalteradas de manejo), ou de equilíbrio, os teores de NO_3^- do solo e a liberação de CO_2 no solo encontram-se em níveis estáveis. Com a adição de novos materiais orgânicos ao solo, a população de microrganismos decompositores aumenta, resultando em aumento na liberação de CO_2 pelo solo devido à maior respiração dos microrganismos. Quando o material orgânico adicionado tem relação C/N alta (relação > 30/1), haverá imobilização de nitrogênio pelos microrganismos do solo, causando um “período de depressão de nitrato” (balanço líquido negativo), que pode influenciar na produtividade das culturas que ali estiverem instaladas, caso os teores de nitrato no solo fiquem aquém das necessidades das plantas. Esse período é variável

dependendo da relação C/N do material adicionado e do teor de NO_3^- do solo. A relação C/N do material orgânico adicionado diminui com o passar do tempo, em decorrência da incorporação do N nos microrganismos e a liberação de CO_2 do sistema. Com a diminuição do substrato orgânico que serve como fonte de alimento para os microrganismos, há menor atividade deles e a liberação de CO_2 do solo diminui. A partir de valores de relação C/N menor que 18:1, há balanço líquido positivo do NO_3^- no solo. Quando a relação C/N do material atingir 12:1, o material orgânico se encontra estabilizado no solo, os níveis de NO_3^- se estabilizam novamente, porém em patamar superior à condição inicial, assim como a respiração do solo retorna à condição inicial ou alcança um novo equilíbrio.

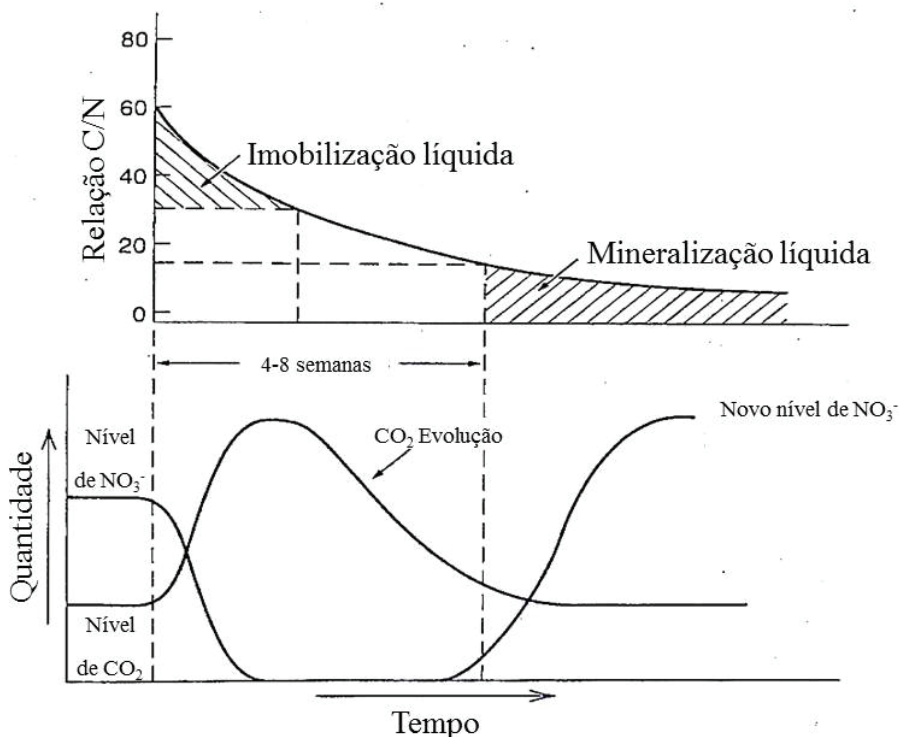
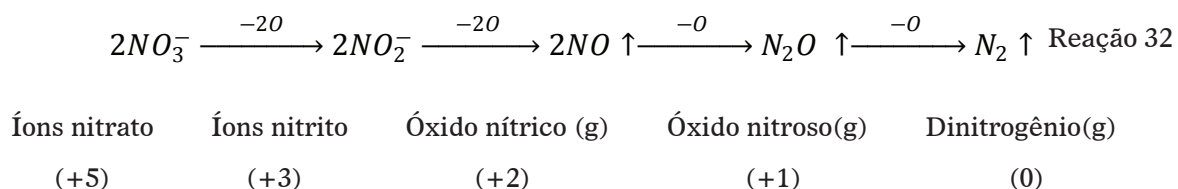



Figura 6 - Efeito da adição de novos resíduos orgânicos ao solo com relação C/N de 60:1 na imobilização e na mineralização, na evolução de CO_2 e nos níveis de NO_3^- do solo

Fonte: Havlin et al. (2005).

A desnitrificação do NO_3^- (Reação 32) ocorre com maior frequência em solos estagnados com água (ambiente anaeróbico). Nessas condições, microrganismos anaeróbicos e/ou facultativos utilizam o O combinado do NO_3^- (NOX do N=5), ocorrendo reações de redução do NO_3^-, produzindo formas gasosas (g) que podem ser perdidas, com destaque para o N_2O, um dos principais gases de efeito estufa.

$$2NO_3^- \xrightarrow{-2O} 2NO_2^- \xrightarrow{-2O} 2NO \uparrow \xrightarrow{-O} N_2O \uparrow \xrightarrow{-O} N_2 \uparrow \quad \text{Reação 32}$$

Íons nitrato	Íons nitrito	Óxido nítrico (g)	Óxido nitroso(g)	Dinitrogênio(g)
(+5)	(+3)	(+2)	(+1)	(0)

A lixiviação de NO_3^- é o fenômeno de perda do NO_3^- devido à movimentação desse ânion a uma profundidade superior à do alcance das raízes das plantas. Esse processo é importante em

ambientes com adubações excessivas de fertilizante nitrogenado, associado a solos de textura média ou arenosa e em ambientes com precipitação e/ou irrigação excessiva. A perda desse elemento nas camadas mais superficiais do solo se deve ao fato de que,em tais camadas, há maiores valores de CTC, fazendo que o ânion permaneça mais tempo na solução do solo, o que facilita o movimento do mesmo com a água de drenagem. Essa movimentação para camadas mais profundas pode causar a contaminação de mananciais, trazendo riscos ambientais.

A fixação industrial de nitrogênio (Reação 33), em que se forma a amônia, é a base para síntese de todos os adubos nitrogenados. Essa forma de produção de fertilizante nitrogenadoé uma alternativa muito onerosa do ponto de vista econômico, porque o custo energético de formação é muito alto (16.800 kcal kg^{-1}), fato que torna importante o uso racional desses adubos.

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\substack{6e \\ 400°C \\ 300\ ATM}]{} 2NH_3 \qquad \text{Reação 33}$$

Os fertilizantes nitrogenados podem ser classificados como fontes amídicas, nítricas ou amoniacais ou até mesmo nítrica amoniacal, como é o caso do nitrato de amônia (NH_4NO_3). As concentrações dessas fontes podem variar desde menos 1% de N (fontes orgânicas) até 82% de N (amônia anidra), sendo que as fontes mais utilizadas na horticultura são ureia (45% N), sulfato de amônio (21% N e 23% S), nitrato de amônia (33,5% N), nitrocálcio (27% N, 3% Ca e1,5% Mg) e fosfato monoamônico ou MAP (10% N e 48% P_2O_5).

No contexto da produção de hortaliças, uma das mais importantes fontes nitrogenadas são as orgânicas, embora a maioria das fontes não chegue a conter 1% de N, como os estercos bovinos, borras de café, torta de filtro e cama de aviário, com exceção do esterco de galinha, que em alguns casos, pode chegar a 2% de N. Via de regra, os fertilizantes nitrogenados orgânicos são insolúveis em água, não estando o nitrogênio imediatamente disponível para as plantas, ocorrendo o aproveitamento após a mineralização do fertilizante orgânico (Reações 25 e 26), a qual, primariamente, é influenciada pela relação C/N.

3.2 Fósforo (P)

O P, de forma geral, é o macronutriente acumulado em quantidades menores, semelhante ao S, atrás de N, de K,de Ca e de Mg, embora, no que diz respeito à adubação, as quantidades recomendadas são semelhantes ou até maiores do que a de N e de K, dada à especificidade de sua dinâmica, especialmente em solos tropicais. Na planta, o elemento é integrante de vários compostos importantes, como os intermediários de açúcares, fosfolipídeos e fosfoproteínas, que são responsáveis pela integridade das membranas celulares, e ácidos nucléicos, além de desempenhar papel importante nas transferências de energia na respiração e na fotossíntese. As plantas absorvem o P na forma de $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} após a absorçãodo elemento, rapidamente ocorre a incorporação do mesmo a compostos orgânicos. O P atinge as raízes das plantas, na sua maioria, por difusão, portanto é importante que a aplicação dos adubos fosfatados seja realizada próximo às raízes. Alguns autores relatam que a movimentação do P no solo é de apenas 1 mm a 2 mm, o que limita/ inviabiliza aplicações superficiais.

No caso de alta disponibilidade de P, as plantas o armazenam no vacúolo das células na forma de ortofosfato (Pi) que, em sua maioria, é inativo, chegando a mais de 90% do P total da planta. Por outro lado, quando há deficiência moderada de P, as plantas são assintomáticas, mas quando a disponibilidade no solo é muito baixa, podem aparecer sintomasnas folhas mais velhas que oscilam de verde-escuro a roxo, além de diminuir as taxas fotossintéticas, os teores de proteínas e de lipídeos e causar má fecundação e maturação tardia de frutos.

Várias espécies químicas podem ser encontradas na solução do solo, dependendo do pH em que o mesmo se encontrar. No pH ≈ 7,2,a concentração de $H_2PO_4^-$ é semelhante à de HPO_4^{2-}. Abaixo desse pH,a concentração de $H_2PO_4^-$é maior que a concentração de HPO_4^{2-} e, acima desse pH,a concentração de HPO_4^{2-} é maior. A absorção de HPO_4^{2-}pelas raízes das plantas é mais lenta que a absorção de $H_2PO_4^-$. A concentração de P na solução do solo pode variar de 0,003 a 0,3 mg L^{-1}, com concentração média de 0,05 mg L^{-1}.

Naturalmente, os solos de regiões tropicais apresentam baixos níveis de P, devido ao elevado intemperismo sofrido ao longo dos anos. No solo, uma das principais fontes do elemento é a matéria orgânica, podendo variar de 20% a 80% do total do P no solo. Semelhantemente ao nitrogênio, a disponibilidade de P desta fração está ligadaà atividade biológica e à mineralização da matéria orgânica.A maior eficiência de utilização de P está ligada a transformações biológicas e químicas que ocorrem no solo e que podem aumentar a disponibilidade do elemento no solo. As frações prontamente decomponíveis ou facilmente solúveis de P orgânico do solo são, muitas vezes, o fator mais importante no fornecimento de P para as plantas em solos altamente intemperizados. São conhecidos três grupos de fósforo orgânico no solo, como seguem: a) fosfatos de inositol; b) ácidos nucleicos; c) fosfolipídios. Porém a grande maioria das fontes orgânicas de P no solo não é conhecida e nem por isso são menos importantes.

Fatores que influenciam na mineralização da matéria orgânica são determinantes na viabilização do uso de fertilizantes orgânicos. Da mesma forma que o N, porém em menor intensidade, a imobilização de P também pode ocorrer, sendo que a tendência de imobilização de P pelos microrganismos irá ocorrer quando adicionado ao solo material orgânico com relação C/P > 300:1, e a mineralização irá ocorrer quando o material orgânico adicionado tiver relação C/P < 200:1.

A formação de precipitados com Ca^{2+} (acentuada em solos alcalinos), Fe^{3+} e Al^{3+}(em solos ácidos) e a alta afinidade dos íons fosfato pelas superfícies dos coloides do solo formando CEI (Figura 7), diminuem as quantidades de P disponíveis na solução do solo (Figura 7a, 7c e 7d). Genericamente, o P pode ser dividido em duas porções no solo: uma lábil (disponível) e outra nãolábil, sendo, que em condições tropicais, a quantidade do P-nãolábil é bem maior. O P-lábil está relacionado ao P adsorvido que guarda uma relação de estreito equilíbrio com o P da solução do solo, portanto, conforme o P pertencente à solução do solo é absorvido pela planta, o P-lábil é dessorvido dos coloides (Figura 7b e 7c) do solo e repõe o P recém-absorvido da solução, estabelecendo um novo equilíbrio. Por outro lado, o P-nãolábil (Figura 7d) não faz parte desse equilíbrio, pois esse corresponde ao P fixado no solo, ou seja, indisponível para as plantas. Estudos realizados em mais variadas condições têm mostrado ter essa forma muito baixa reversibilidade, com a maioria dos autores considerando ser uma forma irreversível de P no solo. A maior tendência de formação de P-nãolábil explica a necessidade de aplicações bem mais altas de P que as quantidades requeridas pelas plantas.

A retenção de P no solo (P-lábil + P-não lábil) aumenta com o teor de argila, com o grau de intemperismo do solo, por exemplo. Para um mesmo teor de argila, o solo mais intemperizado apresenta maior retenção de P, maior fração de P-lábil e de P-não lábil. Essa capacidade de retenção de P no solo pode ser estimada pela capacidade máxima de adsorção de P (CMAP). Seja um solo A que apresenta CMAP de 0,350 mg g^{-1} de P no solo e um solo B de 0,800 mg g^{-1} de P. Para atingir o nível de saturação, seriam necessários adicionar 700 e 1600 kg ha^{-1} de P, que seriam redistribuídos na fração lábil e não lábil. O solo B vai apresentar maior quantidade de P na fração lábil e não lábil que o solo A, ou seja, para um mesmo nível de extração em ambos os solos, o solo B possibilitará maior número de cultivos que o solo A. O solo B tem maior capacidade tampão de fosfato (fator capacidade) que o solo A, de repor fósforo em solução (fator intensidade) por maior tempo (maior número de cultivos), quando a reserva lábil no solo (fator quantidade) está no seu nível adequado. Em termos práticos, se há dois solos com níveis insuficientes de P, o solo com maior capacidade tampão vai necessitar de maiores quantidades de P para atingir o nível adequado, contudo, uma vez alcançado esse nível, ele propiciará maior número de cultivos.

Considerando os aspectos da forte interação P-solo, o fertilizante deve ser introduzido no solo, junto com a instalação do cultivo, posicionado o mais próximo possível às raízes (de forma localizada no sulco) para evitar fixação no solo e maximizar a absorção pelas plantas.

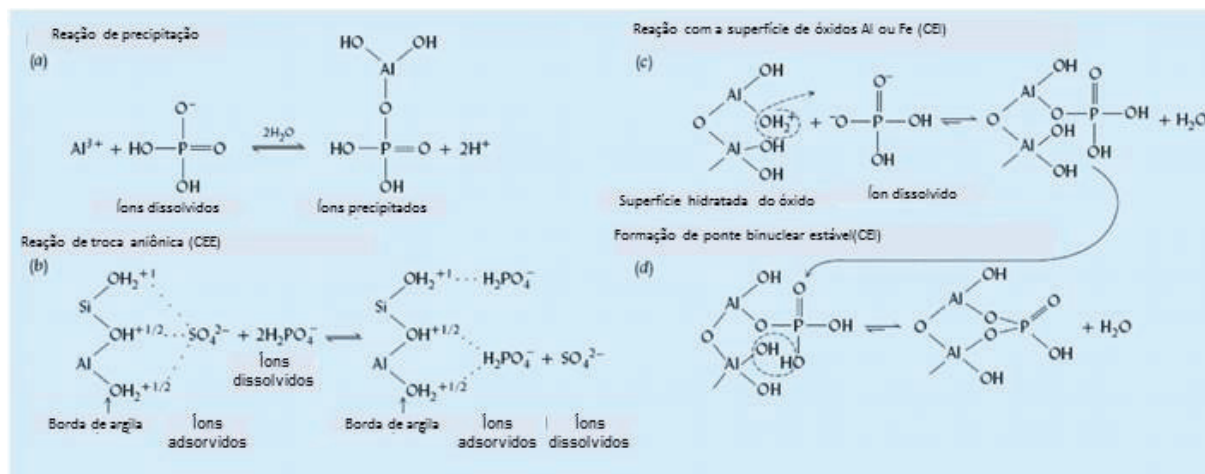



Figura 7 - Reações demonstrando a formação de P lábil e P-nãolábil na superfície de óxidos de Al e Fe.

Fonte: Brady e Weil (2013).

Por outro lado, as principais maneiras de perdas de P no solo são por escorrimento superficial de água e perda de partículas (erosão). A lixiviação de P é muito pouco expressiva, haja vista a forte interação P-solo. Contudo, em solos que recebem grandes quantidades de fertilizantes orgânicos, geralmente de origem animal, como o caso das hortaliças, o fósforo da solução do solo e de seus lixiviados está presente na forma de fósforo orgânico dissolvido (POD). A mobilidade do POD no solo é maior que a mobilidade do fósforo inorgânico solúvel. Isso é possível pela menor afinidade do POD ao Fe, Al, Mn, argilas e $CaCO_3$ do solo.

Algumas plantas têm estratégias que permitem maior aproveitamento do P no solo, como associar-se com micorrizas arbusculares, que, em alguns casos, pode aumentar até 5 vezes a absorção devido ao aumento promovido pela área superficial específica das raízes. Além disso, estratégias de manejodevem ser adotadas para aumentar o desenvolvimento das raízes e consequentemente aumentar a absorção de P. São exemplos dessas estratégias, a adoção de práticas que propiciem melhoria do ambiente químico em profundidade, tal como o uso de gesso agrícola,e a eliminação de impedimentos físicos ao crescimento das raízes em profundidade.

Dentro desse contexto, a adubação fosfatada é fundamental para a manutenção do elemento no solo e a absorção pelas plantas. Os adubos fosfatados são oriundos de dois grupos de rochas fosfatadas, as apatitas ($Ca_{10}(PO_4)_6X$, podendo X ser $2F^-$, $2OH^-$ ou CO_3^{2-}) e as fosforitas; as primeiras têm origem ígnea e a segunda, metamórfica ou sedimentar. No Brasil,há predomíniode fluorapatitas. Essas rochas são insolúveis e podem ser utilizadas moídas e concentradas, são chamadas de fosfatos naturais que apresentam baixa reatividade.

Outra alternativa é acidular estas rochas para a produção de fosfatos solúveis como MAP (48% P_2O_5 e 9% N), DAP (45% P_2O_5 e 16% N), superfosfato simples (18% P_2O_5, 18%Ca e 10% S) e superfosfato triplo (41% P_2O_5 e 12% Ca). No processo de fabricação desses fosfatos solúveis, produz-se como resíduo o gesso agrícola, exceto no superfosfato simples onde o gesso é seu constituinte.

Os termofosfatos (17% P_2O_5) são oriundos do tratamento térmico das rochas fosfáticas (1000°C–1450°C), apresentam solubilidade lenta e presença de outros macronutrientes, como magnésio (9%), cálcio (20%) e também micronutrientes em concentrações menores.

Os resultados alcançados após a aplicação de P no solo pelas diferentes culturas são dependentes de uma série de condições que estão relacionadas à própria cultura, como as características do sistema radicular, o espaçamento, a cinética de absorção, o hábito de crescimento; relacionadas ao adubo, como o tipo e a dose utilizada, e relacionadas às próprias características do solo, como textura, mineralogia, manejo e fertilidade. Não raro são observados altos teores de P em áreas de hortaliças em decorrência do manejo caracterizado por altas doses de fertilizantes orgânicos e inorgânicos.

Os principais problemas do manejo do P nos solos tropicais são o baixo conteúdo natural de P no solo,a formação de compostos altamente insolúveis, e a adição de fontes altamente solúveis, que leva à fixação do P rapidamente. O P não é perdido por volatilização como o N e perde-se muito pouco, ou quase nada, por lixiviação, exceção feita aos solos adubados com elevadas doses de fertilizante orgânico. Com isso, para culturas de ciclo curto, altamente exigentes do ponto de vista nutricional, deve-se manter o pH do solo entre valores de 6,0 a 7,0, colocar o fertilizante fosfatado próximos às raízes das plantas cultivadas, distribuir o fertilizante fosfatado em profundidade e usar fontes solúveis. Adubação a lanço, em superfície, sem incorporação, tem muito pouca eficiência, haja vista a muito baixa mobilidade do elemento, além de se constituir em maior risco ambiental por possibilidade de perda por escorrimento superficial ou erosão.

3.3 Potássio (K)

O K é o segundo elemento requerido em quantidade pelas plantas e o cátion mais abundante no tecido vegetal. Diferentemente do N e do P, o K não tem função estrutural (constituinte de metabólito) nas plantas, embora o elemento desempenhe papel fundamental de participar e ativar vários fenômenos fisiológicos no interior da planta, chegando a acionar mais de oitenta enzimas. Além disso, o K é o elemento mais importante envolvido na regulação osmótica e essa função permite ao K atuar em outros eventos fisiológicos fundamentais da planta, como absorção de água, manutenção do turgor das células, regulação da abertura e fechamento estomático, crescimento vegetal, favorecimento do transporte, redistribuição e armazenamento de carboidratos e nutrientes no interior da planta.

O potássio é absorvido como íon K^+, atinge as raízes das plantas em sua maioria por difusão, mas também uma parcela considerável pode ser por fluxo de massa. O teor de K nos tecidos vegetais pode variar de 4 a 43 g kg^{-1}, porém a concentração do K no citoplasma das células tende a ser mais estável. Em condições com de alta disponibilidade de K, as plantas podem absorver o elemento em quantias superiores às exigidas e acumulá-lo no vacúolo, para que essa porção armazenada seja utilizada em outros momentos. Essa acumulação extra não é uma exclusividade do K, podendo isso ser observado também para o P e o N, sendo denominado de consumo de luxo. Não obstante, em condições de pouca disponibilidade do elemento, há inicialmente redução no desenvolvimento das plantas, que posteriormente apresentam manchas cloróticas as quais avançam de maneira centrípeta. Plantas bem nutridas com K apresentam hastes mais fortes (evitando tombamentos), toleram mais seca, frio, ataques de pragas e algumas doenças e melhoram a qualidade de flores e de frutos, conferindo sabor e cor mais apurados. Além disso, podemser diminuídos alguns efeitos deletérios do excesso de fertilizantes nitrogenados.

No solo, o K encontra-se em 4 compartimentos, sendo sua importância dependente do material de origem do solo e do seu grau de intemperismo. O ‘K estrutural’ é aquele que faz parte da estrutura de minerais primários e este compartimento é considerado *indisponível* às plantas. Somente a ação do intemperismo poderia disponibilizar este K. O ‘K não trocável’ é aquele associado a minerais secundários e está ‘lentamente disponível’ às plantas. Já o ‘K trocável’ (adsorvido aos coloides) e o K solúvel (solução do solo) estão ‘prontamente disponíveis’.

A quantidade total de K no solo pode variar de 0,9 a 19 g kg^{-1}. Essa grande abrangência está relacionadaà rocha que origina os solos e o grau de intemperismo. A maioria dos solos brasileiros

apresenta baixos teores de K total, em decorrência de os teores de minerais primários mais ricos em K (biotita, muscovita, microclima e ortoclásio) e secundários (vermiculita, ilita e esmectita) serem baixos e de predominarem minerais pobres neste elemento como a caulinita e os óxidos de Fe e de Al. O K da solução é chamado de fator ‘intensidade’, porque determina a velocidade de absorção pela planta. À medida que o K vai sendo absorvido pelas plantas ou lixiviado, o K da solução é reposto pelo K trocável da superfície dos coloides, o qual, por sua vez, pode ser reabastecido pelo K não trocável ou fixado nos minerais de argila do tipo 2:1 (pouco comum nos solos tropicais, ou seja, nossas condições). O K na solução do solo, prontamente disponível para as plantas, encontra-se em concentrações muito baixas, normalmente, por isso esta fração está intimamente relacionada ao potássio trocável e, quando este é insuficiente, às adubações.

Enquanto as plantas estão absorvendo K, o equilíbrio entre as formas de K-solo e K-solução tende a ser mantido, em função do poder tampão de potássio (PTK) que é definido como a relação entre o K que está em imediato equilíbriona solução do solo e suas quantidades adsorvidas no complexo de troca. Dependendo da espécie vegetal, a exaustão de K no solo pode acontecer rapidamente se o elemento não for reposto via adubação.

A lixiviação de potássio pode se tornar um evento importante em algumas condições. A perda de K por lixiviação será mais pronunciada quando o solo tiver baixa CTC– geralmente associada, em nossas condições, a ambientes de baixa quantidade de argila (solos de textura média a arenosa) – e/ou baixa quantidade de matéria orgânica, quando houver aplicação de elevadas doses desse nutriente no solo, em épocas de alta precipitação ou irrigação e em solos ácidos.

O cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte de K utilizado nas adubações.Mais de 90% do K comercializado no Brasil é na forma de KCl. Esse fertilizante é solúvel em água e contém, em média, 58% de K_2O. Apresenta ainda de 45% a 48% de Cl. O sulfato de potássio (K_2SO_4) também é uma fonte comum, apresentando 48% de K_2O e 15% de S. Em decorrência do seu teor de cloro ser menor que 2,5%, esse fertilizante é usado para culturas sensíveis ao Cl, como o fumo e a batata, e também fornece S, que é um macronutriente. O Sulfato de Potássio e Magnésio ($K_2SO_4.2MgSO_4$) é uma fonte importante de alguns nutrientes, contendo 18% de K_2O, 4,5% de Mg e 22% a 24% de S. É uma fonte de potássio e magnésio solúveis em água e é importante para os casos em que magnésio e/ou enxofre são deficientes. O nitrato de potássio (KNO_3) também é fonte de K. Esse fertilizante pode fornecer tanto o nitrogênio quanto o potássio às culturas sensíveis ao Cl. Apresenta cerca de 44% de K_2O e 13% de N. O nitrato de potássio é amplamente utilizado em aplicações foliares em fruteiras, hortaliças e algodão.

O posicionamento da adubação potássica tem sido realizado tanto na linha de semeadura quanto a lanço superficialmente, pois, diferentemente do P, a resposta das plantas é pouco influenciada pelo modo de aplicação, uma vez que a mobilidade do K é maior do que a de P. Apesar disso, em casos de teores muito baixos, faz-se necessária a aplicação incorporada ao solo, já a adubação de manutenção pode ser realizada tanto a lanço quanto na linha de semeadura, embora deva ser tomada a devida precaução em doses altas na linha de semeadura, principalmente em solos com baixa CTC, devido ao alto índice salino, principalmente do KCl. Embora a aplicação da dose total de K em uma única aplicação seja conveniente, o parcelamento das aplicações de K é vantajoso, pois diminui perdas por lixiviação e evita consumo de luxo dando oportunidade de as plantas absorverem o K aplicado.

3.4 Cálcio (Ca)

O Ca é um elemento importante como componente estrutural, pois atua como agente cimentante na forma de pectatos de Ca na lamela média entre as paredes celulares e estabiliza a membrana celular, promovendo a ligação entre os grupos fosfatos e carboxílicos dos fosfolipídios. Além dessas funções, o Ca também é modulador enzimático ligado a formações de celulose, lignina e compostos fenólicos que, por sua vez, são importantes substâncias ligadas a estresses bióticos e abióticos.

Os teores de Ca na planta podem variar de 4 a 40 g kg^{-1}, o nutriente desloca-se para as raízes das plantas, principalmente, pelo fluxo de massa juntamente com o movimento da água no solo. Nesse processo, é importante que o Ca esteja em equilíbrio com os demais cátions, K^+, Mg^{2+}, NH_4^+, Fe^{2+} e Al^{3+}, pois o Ca compete pelo mesmo sítio ativo do carreador ligado à membrana, causando inibição competitiva[1] entre os elementos.

Após a absorção, o Ca é transportado ascendentemente via xilema, acumulando-se nos órgãos superiores. Em contrapartida, a redistribuição via floema é baixa por causa de sua principal função de formar compostos de baixa solubilidade e interações eletrostáticas. Até 90% do Ca no tecido vegetal pode estar como componente estrutural na parede celular. Dessa forma, o elemento é tido como pouco móvel na planta e, em casos de deficiência, os primeiros sintomas acontecem nas folhas mais novas, com clorose ao longo dos bordos, que avançam em direção à nervura; além disso,há redução no crescimento dos tecidos meristemáticos. Em algumas culturas, como o tomate, a deficiência de Ca causa desintegração das células e, por conseqüência, um distúrbio fisiológico chamado de podridão apical (fundo preto). A podridão das extremidades dos botões em melões se deve à deficiência de Ca. Em batata, a deficiência de Ca provoca a podridão mole; em maçã, causa a podridão amarga (*bitter pit*), diminuindo a firmeza do fruto e o tempo de estocagem.

No solo, a adição do Ca acontece inicialmente pelo intemperismo do material de origem. O nutriente pode ser perdido por lixiviação ou erosão, permanecer na solução, ser adsorvido nas cargas dos coloides do solo ou absorvido pelas plantas. O Ca disponível para as plantas compreende a porção trocável somada ao teor na solução do solo. Aumento dos teores de Ca juntamente com o Mg diminuem a atividade do Al, melhoram o crescimento das raízes e aumentam a atividade microbiana. Os minerais com maiores concentrações de Ca são dolomita ($CaMg\ (CO_3)_2$), calcita ($CaCO_3$), apatita e feldspatos cálcicos ($Ca(Si,Al)_4O_8$). Normalmente, solos com menores graus de intemperização e com maiores CTC possuem maiores teores de Ca disponível. Por outro lado, solos tropicais (maior grau de intemperismo) tendem a ter menores teores de Ca em decorrência da lixiviação, com pH menores e maiores teores de Al^{3+}. Em solos de ambientes áridos, em que a evapotranspiração é maior que a precipitação, a permanência do Ca é favorecida no sistema, com solos apresentando mais altos teores do elemento.

Caso os teores sejam insuficientes, faz-se correção por meio da calagem e de adubação. A principal fonte/aporte de Ca na agricultura são as aplicações de calcário em solos ácidos (dolomita e calcita, principalmente) e de gesso agrícola ($CaSO_4.2H_2O$). A aplicação de gesso agrícola, pelo fato de ser mais solúvel que o calcário, favorece o aumento dos teores de Ca em profundidade, tendo em vista que o gesso favorece a formação de pares iônicos $(CaSO_4)^0$ que apresentam maior mobilidade que Ca^{2+} sozinho, descendo no perfil do solo, enriquecendo-o, com seus efeitos dependente da dose aplicada. Alguns adubos fosfatados, como superfosfato simples e superfosfato triplo, também são fontes de Ca, contudo a aplicação desses fertilizantes deve ser feita com o objetivo de correção ou reposição de P e não de Ca.

Como essas práticas são realizadas periodicamente, espera-seque a deficiência de Ca raramente aconteça, visto que outros fatores, como a acidez, acabam limitando a produção antes mesmo do próprio Ca.

3.5 Magnésio (Mg)

O Mg tem como função principal ser o átomo central da molécula de clorofila que confere a cor verde às plantas. De maneira geral, cerca de 20% do Mg da planta faz parte do pigmento. Além

1 A inibição competitiva ocorre quando íons disputam pelo mesmo local (sítio) de absorção, diminuindo a absorção do elemento que estiver em menor concentração na solução do solo. Geralmente isso ocorre com íons com carga similar e/ou de mesma valência (Ca^{2+} e Mg^{2+}; Fe^{2+} e Mn^{2+}; K^+ e Na^+).

disso, o elemento é constituinte de algumas proteínas, cofator de algumas enzimase, como o Ca, também é constituinte de pectinas das paredes celulares.

O processo de carboxilação na fotossíntese está diretamente ligado ao conteúdo de Mg, o elemento é coenzima na fixação de CO_2. Assim, em casos de baixa disponibilidade de Mg nas folhas, a fixação de CO_2 é limitada.

O Mg atinge as raízes das plantas via fluxo de massa, semelhantemente ao Ca. O Mg é móvel tanto no xilema quanto no floema, podendo ser redistribuído para locais com maior requerimento metabólico. Por isso, em situações de deficiência do elemento, os sintomas se manifestam nas folhas mais velhas, normalmente por clorose internerval nas folhas próximas aos drenos de nutrientes. Entretanto, nesses casos, a severidade é muito alta, já comprometendo a qualidade e a produção das plantas. Os teores considerados adequados nas plantas estão entre 1,5 e 3,5 g kg^{-1}.

No solo, o Mg é originado do intemperismo de rochas contendo minerais primários, como a dolomita, a biotita, a hornblenda e a serpentina, ou ainda, de alguns minerais secundários, como a vermiculita e a montmorilonita. Uma vez na solução do solo, o elemento pode ser lixiviado no perfil do solo, adsorvido no complexo de troca, precipitado na forma de algum mineral, perdido por erosão ou também ser absorvido pelas plantas. Normalmente, solos com textura argilosa e com altos teores de MOS apresentam maiores conteúdos de Mg devido à maior capacidade de retenção (CTC).

A disponibilidade de Mg não está somente ligada às suas quantidades isoladas no solo, mas também às interações com outros cátions. OMg é o elemento que mais sofre com a presença em excesso de outros cátions, como o Ca e o K. Isso acontece, pois o raio iônico hidratado do Mg é maior que o raio iônico do Ca, fazendo que a o átomo de Mg fique mais distante do complexo de troca e a atração eletrostática seja menor, promovendo maiores quantidades de Mg na solução, que poder ser lixiviado mais facilmente. Adubações pesadas com Ca e K também pode provocar a deficiência induzida de Mg por efeito de inibição competitiva. Além disso, a membrana plasmática das células tem maior afinidade ao Ca.

Os teores de Mg no solo podem ser baixos devido à baixa disponibilidade natural dos solos (solos tropicais), à aplicação de gesso agrícola fornecendo Ca ao sistema, a altas doses de K, aos solos estarem ácidos (baixos teores do elemento) e à própria absorção pelas plantas. Contudo, muitas vezes, a adubação magnesiana é negligenciada e afeta diretamente as respostas das plantas. Para suprir essa demanda, existem algumas fontes de Mg, principalmente os sulfatos, os carbonatos e os óxidos. Essas fontes apresentam diferentes teores de elementos acompanhantes e também solubilidade, que determinarão os diferentes manejos desses fertilizantes. Os sulfatos são fontes mais solúveis, ou seja, o Mg se tornará disponível mais rapidamente às plantas.Dependendo da situação em que esteja o elemento no solo, esta fonte deve ser priorizada ao invés de fontes de menor solubilidade, a fim de garantir suprimento adequado de Mg durante as fases de alta demanda e em condições climáticas desfavoráveis. O uso de calcários dolomíticos na correção da acidez do solo constitui um meio eficaz de se prevenir a deficiência do elemento.

3.6 Relação Ca:Mg

A energia de adsorção do Mg é menor que a do Ca, com solos apresentando teores de Ca>Mg uma necessidade, com o inverso indicativo de desequilíbrio. Com isso, a participação relativa adequada de Mg na CTC pode variar de 12% a 25%. Já a participação relativa de Ca pode variar de 30% a 50%. Alguns técnicos e agricultores acreditam que relações Ca:Mg de 4:1 a 6:1 seriam valores ideias para o desenvolvimento adequado das culturas e eles têm gastado muita energia e dinheiro para atingir esses valores. Ter relação nessa faixa é adequado, mas não é fundamental e nem sempre suficiente. Vários trabalhos têm demonstrado que as plantas têm se desenvolvido bem em relações Ca:Mg de 1:1 a 15:1, desde que os teores de Mg estejam em níveis mínimos satisfatórios. Para se ter um bom desenvolvimento de plantas, devem-se levar em consideração três informações: a) o pH adequado para o desenvolvimento da cultura (geralmente entre 6,0 a 7,0); b) os teores de Ca, de Mg e de K

que devem estar obrigatoriamente na seguinte ordem decrescente Ca > Mg > K; c) os teores de Ca e de Mg do solo que devem ser altos, valores maiores que 2,1 $cmol_c$ dm^{-3} para o Ca e 1,1 $cmol_c$ dm^{-3} para o Mg.

3.7 Enxofre (S)

Dentre as funções do S nas plantas, destacam-se de o fato do mesmo ser componente estrutural de aminoácidos como a metionina e a cisteína e também de ser estabilizante de proteínas por meio das ligações dissulfeto (S-S), que mantêm a estabilidade das ligações terciárias das proteínas.O S está presente em membranas (sulfolipídeos) e como grupo prostético de enzimas e coenzimas (nitrogenase, ferredoxina, biotina e tiamina). Essas funções são imprescindíveis para os processos de fotossíntese, a resistência ao déficit hídrico, a fixação biológica de nitrogênio, o desenvolvimento radicular, entre outras funções.

O teor de S na planta pode variar de 2 a 5 g kg^{-1} de acordo com a espécie. A absorção do elemento é na forma de sulfato (SO_4^{2-}), podendo sofrer inibição competitiva com outros ânions, como fosfatos, cloreto, selenato e aspartato. Outra forma de absorção pode ser via foliar, na forma de sulfito ou de S elementar.

A redistribuição do S na planta é considerada de média a baixa, isso porque apenas 20% do S é redistribuído para outros órgãos da planta; normalmente quando isso ocorre, o S está presente na forma de glutationa. Devido a essa baixa mobilidade,os sintomas de deficiência de S aparecem nas folhas mais novas, que ficam com coloração amarelo–esverdeada; além disso, pode haver crescimento raquítico das plantas, já as folhas mais velhas tendem a permanecer sem manchas amareladas.Em casos severos de deficiência, as folhas tornam-se cloróticas. Na falta de nitrogênio e de enxofre, a planta pode tomar uma coloração verde-amarelada uniforme, com folhas velhas e novas amareladas. A deficiência de enxofre assemelha-se muito à deficiência de nitrogênio, com a diferença de que a clorose da deficiência do N se manifesta nas folhas mais velhas, inicialmente.

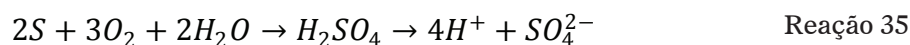
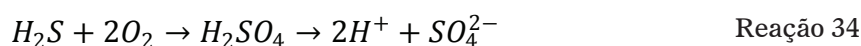
No solo de regiões tropicais, os teores de S encontram-se entre 5 e 10 mg dm^{-3}, sendo que cerca de 90% do S encontra-se na forma orgânica que é gradualmente mineralizado a SO_4^{2-} e chega às raízes por meio do fluxo de massa. Pelo fato de a fração orgânica desse nutriente ser a principal fonte para as plantas, a mineralização e a imobilização da matéria orgânica por bactérias e fungos do solo controlam a disponibilidade de S para as plantas. Quando o material orgânico é adicionado e tem relação C/S < 200:1, ocorrerá mineralização e o S irá para o solo. Se a relação C/S do material orgânico adicionado ao solo for > 400:1, ocorrerá imobilização do S pelos microrganismos do solo, podendo haver até consumo do S do solo pelos microrganismos durante o processo de decomposição.

Após o S ser liberado na solução na forma de SO_4^{2-}, que é relativamente móvel no solo, pode ser perdido por lixiviação, com perdas na ordem de 20 a 60 kg ha^{-1} ano^{-1} de S. Em casos de precipitações extremas, pode ocorrer deficiência temporária, principalmente em solos arenosos.

O ciclo do enxofre é dinâmico, apresentando diferentes formas e estados de oxidação, dentre eles, o sulfeto de hidrogênio (H_2S – nox -2), o enxofre elementar (S – nox 0), o tiossulfato ($S_2O_3^{2-}$ – nox +2), odióxido de enxofre (SO_2 – nox +4) e osulfato (SO_4^{2-} - nox +6).

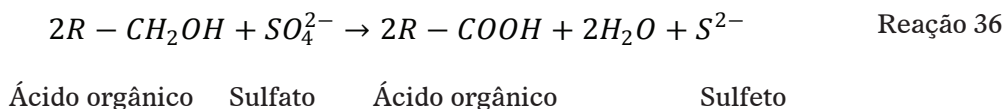
A oxidação do S pode ser descrita da seguinte forma tomando, como exemplo o sulfeto de hidrogênio (Reação 34) e enxofre elementar (Reação 35):

$$H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-} \quad \text{Reação 34}$$

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow 4H^+ + SO_4^{2-} \quad \text{Reação 35}$$

As reações de oxidação do S são realizadas por bactérias que atuam em ampla faixa de pH. O produto dessa oxidação gera H_2SO_4 que leva acidificação do solo e liberação de SO_4^{2-} que está prontamente disponível para as plantas. Essas reações dependem de uma série de fatores ambientais (disponibilidade de água, temperatura do solo etc.).

As reações de redução do S ocorrem geralmente em ambientes saturados com água por longos períodos, e dois gêneros específicos de bactérias anaeróbicas (*Desulfovibrio* e *Desulfotomaculum*) controlam estas reações (Reação 36).

$$2R - CH_2OH + SO_4^{2-} \rightarrow 2R - COOH + 2H_2O + S^{2-} \quad \text{Reação 36}$$

Ácido orgânico Sulfato Ácido orgânico Sulfeto

Nessas condições, o íon sulfeto pode reagir com Fe^{2+} e Mn^{2+} (livres na solução), formando sulfetos de Fe e Mn (insolúveis) ou sofrer hidrólise e formar sulfeto de hidrogênio (H_2S), que é um gás fétido, com cheiro característico de ovo podre.

O SO_4^{2-} no solo pode permanecer solúvel e ser absorvido pelas plantas, ser adsorvido ou mesmo fixado na CTA do solo; pode sofrer algumas reações com íons não ácidos (Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^+), formando pares iônicos ($CaSO4^0$, $MgSO4^0$, $K_2SO_4^0$), os quais podem se movimentar, com mais facilidade que os respectivos íons, para camadas mais profundas do solo. Essa mobilidade do S associada à menor participação da MOS nas camadas mais profundas do solo, à formação residual de minerais do tipo 1:1 e óxidos e hidróxidos de Fe e Al, em solos tropicais, proporcionando CTA dependendo do pH em que se encontram os solos, explicam as maiores concentrações de $S\text{-}SO_4^{2-}$ nas camadas mais profundas do solo.

As principais fontes de S são gesso agrícola (16% de S), sulfato de amônia (12% de S), superfosfato simples (12% de S) e S elementar (de 95% a 100% de S), porém o S elementar é uma fonte insolúvel e precisa ser oxidada no solo pelas tiobactérias a sulfato para estar disponível às plantas (Reação 35). As chuvas podem fornecer de 5 a 30 kg ha^{-1} ano^{-1} por meio dos gases como SO_2 que são dissolvidos na água especialmente em regiões industrializadas.

4 Micronutrientes

A disponibilidade de nutrientes no solo pode proporcionar três condições que determinarão o estado nutricional da planta com base nos teores de nutrientes contidos na mesma: a) insuficiente; b) suficiente; c) tóxico. Quando o teor de um nutriente no solo está muito baixo, o crescimento da planta pode ser restringido (nível de deficiência) e, com o aumento da disponibilidade do nutriente (p.e. adubação), há uma resposta positiva de crescimento pela planta. A disponibilidade suficiente de um nutriente proporciona crescimento adequado da planta (nível de suficiência). Nessa faixa de disponibilidade, aumentos na disponibilidade do nutriente proporcionarão aumento na absorção do mesmo, sem propiciar aumento no crescimento da planta. Aumentando ainda mais a disponibilidade de nutrientes às plantas, essas quantias poderão se tornar excessivas, levando as plantas a um estado de toxidez (nível de toxidez ou intervalo de toxidez) em que começarão a sofrer alguns distúrbios fisiológicos.

Para os macronutrientes, a faixa de suficiência é larga, sendo muito raros os casos de toxidez. Por outro lado, para os micronutrientes, a faixa de suficiência é mais estreita, sendo possível facilmente passar de condição de deficiência para toxidez por meio de adubações.

Vários fatores influenciam a disponibilidade dos micronutrientes, cabendo ressaltar em áreas de produção de hortaliças-fruto o uso de adubações pesadas de P, de adubação orgânica e de calcário.

As reações dos micronutrientes metálicos com o P é uma reação que diminui a disponibilidade dos micronutrientes e do P. Quando altas doses de P são aplicadas ao solo, reações de precipitação poderão ocorrer entre o P e o micronutriente, diminuindo a solubilidade e a disponibilidade dos mesmos. Essa reação é importante para todos os micronutrientes metálicos (Co[2], Cu, Fe, Mn, Ni e Zn), mas especial atenção tem sido dada ao Zn. A adubação orgânica, dependendo da sua composição (origem), pode ser fonte de vários macro e micronutrientes. Em alguns casos, elementos nutrientes em excesso e elementos não considerados nutrientes podem causar toxidez em várias plantas ou mesmo levar à deficiência induzida pela inibição competitiva de um elemento (nutriente ou não) em excesso sobre outro. Além disso, a MOS é componente controlador da disponibilidade dos nutrientes no solo. Isso pode acontecer pelo processo de mineralização e liberação desses nutrientes no solo ou por meio da formação de complexos organometálicos (solúveis ou insolúveis), que impedem que o micronutriente interaja com os minerais do solo ou outros íons dissolvidos. Esse efeito pode ser benéfico em vários casos pela formação de quelatos entre compostos orgânicos e micronutrientes que manterão os mesmos mais disponíveis (p.e. Fe, Mn). Porém, para outros micronutrientes, a presença de altos valores de MOS diminui a disponibilidade, por exemplo, de Cu.

O pH do solo influencia a disponibilidade dos nutrientes (Figura 3). Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn diminuem a disponibilidade com o aumento do pH. Cloro e Mo aumentam sua disponibilidade com o aumento do pH. O B apresenta sua máxima disponibilidade entre pH 6,0 e 7,0; em pHs superiores ou inferiores a esses, a disponibilidade de B é diminuída. O aumento e a diminuição da disponibilidade desses micronutrientes são controlados por algumas alterações que ocorrem no solo com a mudança do pH, como alteração na CTC e na CTA do solo, alteração das espécies químicas dos elementos, alteração na solubilidade dos minerais que contêm micronutrientes, mineralização da MOS e/ou imobilização pelos microrganismos.

O estado de oxidação de alguns nutrientes influencia a disponibilidade dos mesmos para as plantas. Dentre os micronutrientes, Cu, Fe, Mn e Ni ocorrem no solo em mais de um estado de valência. A mudança de valência desses elementos, geralmente, ocorre por meio de microrganismos ou pela matéria orgânica. Em condições aeróbicas e nos pHs dos solos agrícolas, tendem a prevalecer formas menos solúveis de Cu, Fe e Mn. Condições de má drenagem no solo podem levar ao aumento de formas solúveis desses elementos pela alteração deles a formas reduzidas.

A quantidade natural de micronutrientes no solo apresenta estreita relação com o material de origem do solo e com o grau de intemperismo do mesmo.

4.1 Boro (B)

O B pode ser absorvido nas formas deH_3BO_3, $H_2BO_3^-$e $H_4BO_4^-$.O processo de entrada nas membranas é passivo, possuindo alta permeabilidade. Para a maioria das culturas, o elemento é pouco móvel, com exceção para algumas espécies que contêm polióis no floema que aumentam a mobilidade de B. Na maioria das culturas, a deficiência ocorre em folhas novas, com encarquilhamento, seguido de morte das regiões meristemáticas e abortamento de flores e de frutos. Em tomate, a deficiência de B pode promover a rachadura do caule.

O B está diretamente associado ao crescimento e ao desenvolvimento celular eà integridade de membranas, pois, assim como o Ca e oMg, também faz parte de compostos na parede celular, como as pectinas. Além disso,tem participação na síntese da base nitrogenada uracila, importante na formação de proteínas e tolerância ao Al.

O transporte de fotoassimilados também é muito importante, uma vez que há formação do complexo açúcar-borato que tem maior solubilidade nas membranas. O desenvolvimento de tubo polínico também é outra função fundamental do elemento.

---

2 Não é considerado micronutriente, mas sim nutriente benéfico para plantas leguminosas.

No solo, a principal fonte de B é a matéria orgânica; uma vez na solução do solo, o B pode ser imediatamente absorvido pelas plantas ou estar sujeito a lixiviação, visto que não é facilmente adsorvido aos coloides do solo pela ausência de cargas da forma predominante que é H_3BO_3.

Os teores totais de B em solos brasileiros podem variar de 31 a 54 mg kg^{-1} e estar disponíveis de 0,06 a 0,32 mg dm^{-3}(MALAVOLTA; BOARETO; PAULINO, 1991). Na planta, os valores são bastante amplos, porém seese nutriente é mais exigido pelas plantas dicotiledôneas do que pelas monocotiliedôneas. Os valores na matéria seca das folhas variam entre 10 e 100 mg kg^{-1} (DECHEN; HAAG; CARMELLO, 1991), entretantoos valores adequados em hortaliças pode variar de 20 a 200 mg kg^{-1} (MESQUITA FILHO; SOUZA; FURLANI, 2001).

As principais fontes de B são Bórax (11% de B), Solubor (20% de B), ácido bórico (17% de B) e Ulexita (8% de B). As adubações de correção via solo são as mais comuns, sendo utilizado fritas ou bórax com doses variando de 0,5 a 2 kg ha^{-1}. Em solos arenosos, o uso de colemanita (15% de B) tem-se mostrado mais eficiente que o uso de Bórax. Devido à baixa mobilidade do B na planta, as aplicações foliares podem se tornar mais onerosas, sendo necessárias várias aplicações (VOLKWEISS, 1991).

4.2 Cloro (Cl)

O Cl é absorvido, transportado e redistribuído na forma de ânion Cl^-, não forma nenhum complexo na planta. As funções do cloro estão ligadas à fotólise da água em conjunto com o Mn, fazendo parte DO complexo enzimático no fotossistema II. Juntamente com K, é responsável pela regulação do potencial osmótico,sendo o principal exemplo a abertura e O fechamento estomático. Além disso, o Clé o íon que neutraliza as cargas nos compartimentos intracelulares devido à sua alta mobilidade. Nos raros casos de deficiência do elemento, os sintomas ocorrem nas folhas mais velhas. Por outro lado, quando em excesso, o elemento pode inibir a absorção de nitrato, de sulfato e de fosfato.

No solo, é um elemento de alta disponibilidade, uma vez que o aporte via fornecimento de KCl é muito alto para a maioria das culturas. Apesar disso, é um elemento de alta mobilidade no perfil do solo.Os teores disponíveis de Cl no solo variam entre 0,4 a 34 mg dm^{-3} (MALAVOLTA; BOARETO; PAULINO, 1991). Os valores na matéria seca das plantas variam entre 2 a 20 g kg^{-1} (DECHEN; HAAG; CARMELLO, 1991).

4.3 Cobre (Cu)

O Cu é absorvido na forma de Cu^{2+} pelas plantas e é transportado ascendentemente complexado com aminoácidos e proteínas, principalmente as que têm S em sua composição, como a cisteína. No floema, o elemento é pouco móvel, tendo seus sintomas de deficiência como o amarelecimento e o murchamento visíveis nas folhas e nos ramos mais jovens.

Assim como o Mn, o Cu também atua no processo da fotossíntese. Ele é um dos constituintes da plastocianina que é importante no transporte de elétrons entre os fotossistemas II e I. Cerca de 70% do Cu está ligado a esse composto. Além disso, é importante para a formação da citocromo oxidase que catalisa as reações de oxidação terminal da cadeia transportadora de elétrons e também a superóxido dismutase que atua como enzima detoxificadora na presença de espécies reativas de oxigênio. O Cu favorece a formação do grão de pólen e, em sua deficiência, haverá má formação e menor reserva de amido nas anteras. Nas plantas, de maneira geral, o teor adequado do elemento está entre 5 e 20 mg kg^{-1}.

No solo, sua dinâmica é semelhante às do Fe e do Mn.Ele também tem seu estado de oxidação alterado de ($Cu^{2+} \leftrightarrow Cu^{+}$). A maioria do Cu no solo encontra-se na fração mineral ou complexado

na matéria orgânica, nos compostos fenólicos, ácidos húmicos e fúlvicos. No complexo de troca, o elemento é adsorvido aos coloides como cátion divalente. A deficiência é mais evidente em solos alagados, de turfa, várzeas e com solos com altos teores de matéria orgânica, dada a alta estabilidade dos quelatos formados entre o Cu e a matéria orgânica. Em solos de textura mais arenosa e com elevado pH, observa-se baixa disponibilidade de cobre para as plantas. A interação negativa entre altos níveis de nitrogênio, excesso de fósforo, ferro, zinco e alumínio também podem reduzir a disponibilidade do cobre.

Os teores totais de Cu em solos brasileiros podem variar de 2 a 335 mg kg^{-1} e estar disponíveis de 0,1 a 6,0 mg dm^{-3}(MALAVOLTA; BOARETO; PAULINO, 1991). Os valores na matéria seca das plantas variam de 1 a 10 mg kg^{-1}(DECHEN; HAAG; CARMELLO, 1991), contudoos valores adequados para hortaliças pode variar de 4 a 60 mg kg^{-1} (MESQUITA FILHO; SOUZA; FURLANI, 2001).

As principais fontes de Cu são sulfato de cobre (25% de Cu), óxido de cobre (75% de Cu - insolúvel), fontes quelatizadas (oxalato, EDTA, HEDTA e poliflavonóide) com concentrações variáveis de Cu (de 5% a 40%). As adubações via solo variam de 1 a 7 kg ha^{-1}. As aplicações via foliar podem ser realizadas desde que usadas fontes solúveis ou quelatizadas (VOLKWEISS, 1991).

4.4 Ferro (Fe)

O Fe é absorvido na forma de Fe^{2+}, portanto a absorção das plantas está diretamente ligada à sua capacidade em reduzir o Fe^{3+} na rizosfera por meio da redução do pH e da excreção de fitossideróforos. A presença de outros micronutrientes catiônicos, como o Mn, pode causar inibição competitiva.Uma vez absorvido o Fe, o transporte na planta é feito de maneira complexada por moléculas orgânicas, principalmente o citrato; já o movimento via floema pouco ocorre, sendo então o elemento considerado pouco móvel e os sintomas de deficiência inicialmente acontecem em folhas mais jovens. Algumas vezes, plantas deficientes apresentam teores totais de Fe mais elevado que plantas com níveis adequados. Isso ocorre devido à precipitação do elemento no apoplasto ou sua ligação com P formando complexos insolúveis. Por outro lado, em casos de alta disponibilidade, o armazenamento de Fe no vacúolo é feito na forma de fitoferritina.

A principal função do Fe está relacionada aos processos de oxirredução ligado a enzimas, também é constituinte das leghemoglobinas e nitrogenase. Além disso, o elemento faz parte da síntese da molécula da clorofila e atua no metabolismo de ácidos nucleicos.

No solo, normalmente não há problemas de disponibilidade de Fe, pois naturalmente tende a ser o micronutriente em maiores quantidades. Apesar disso, alguns fatores, como supercalagem (pH na faixa alcalina), umidade excessiva (favorecendo redução do Mn), altos teores de matéria orgânicae excesso de P, podem induzir a indisponibilidade de Fe, embora o mais frequente seja o Fe reduzindo a disponibilidade de P (ver fixação de P), haja vista os altos teores do elemento em solos minerais.

Os teores totais de Fe em solos brasileiros podem variar de 10 a 100 mg kg^{-1} (BORKERT; PAVAN; BATAGLIA, 2001). Os valores na matéria seca das plantas são da ordem de 100 mg kg^{-1} (DECHEN; HAAG; CARMELLO, 1991), já os valores adequados para hortaliças variam de 30 a 550 mg kg^{-1} (MESQUITA FILHO; SOUZA; FURLANI, 2001).

Não tem sido comum adubações com Fe em plantas cultivadas em solos ácidos, mas é comum em hidroponia e em solos calcários. As principais fontes de Fe são sulfato ferroso (19% de Fe), sulfato férrico (19% de Fe), fontes quelatizadas (EDTA, HEDTA, EDDHA, DTPA, MPP, lignossulfonato e poliflavonoide) com concentrações variáveis de Fe (de 5% a 14%) (VOLKWEISS, 1991).

4.5 Manganês (Mn)

O Mn é absorvido pelas raízes das plantas na forma de Mn^{2+}. Oseu transporte é via xilema e complexado com ácidos orgânicos (citrato) ou precipitado com o P. Semelhantemente ao Fe, o elemento é pouco móvel no floema e os sintomas de deficiência acontecem nos órgãos mais novos. A característica da deficiência é muito semelhante ao Mg, que é a clorose internerval, mas, enquanto o Mn ocorre em folhas novas, o Mg ocorre em folhas mais velhas.

O Mn está envolvido no fluxo de elétrons do fotossistema II para o fotossistema I e na quebra da molécula da água (fotólise da água) – fase fotoquímica da fotossíntese. A ausência de Mn causa diminuição da fixação de CO_2 na fotossíntese. Além disso, o elemento participa como grupo prostético de várias enzimas, como superóxido dismutase, que é produzida em situações de estresse, malato desidrogenase e isocitrato desidrogenase, além de ser requerido no metabolismo de fenóis que é importante para síntese de lignina e importante fator na resistência da planta aos agentes patogênicos.

No solo, depois do Fe, é o micronutriente em maiores teores. Uma das suas principais características é de oxirredução ($Mn^{4+} \leftrightarrow Mn^{3+} \leftrightarrow Mn^{2+}$), que ocorre em condições de potencial redox 401 mV, com probabilidade de excesso em solos com algum grau de compactação. Os teores de Mn em solução podem variar de 0,1 a 100 mg dm^{-3} dependendo das características do solo. O Mn é atraído eletrostaticamente no complexo de troca do solo, esta fração encontra-se em equilíbrio com a solução. Cerca de 10% do Mn total podem ocorrer nos solos na forma de óxidos e de hidróxidos de solubilidade variável, sendo essa quantidade de pouca ou nenhuma disponibilidade para as plantas. A deficiência de manganês, comumente, ocorre em solos orgânicos, alagados (excesso de Fe) emuito alcalinos.

Os teores totais de Mn em solos podem variar de 10 a 2.200 mg kg^{-1} e ser disponíveis de 0,1 a 140 mg dm^{-3} (MALAVOLTA; BOARETO; PAULINO, 1991). Os valores adequados para hortaliças podem variar de 20 a 500 mg kg^{-1} (MESQUITA FILHO; SOUZA; FURLANI, 2001).

As principais fontes de Mn são sulfato manganoso (de 26% a 28% de Mn), óxido manganoso (de 41% a 68% de Mn) e fontes quelatizadas (EDTA, MPP e poliflavonóide) com concentrações variáveis de Mn (de 8,5% a 12%) (VOLKWEISS, 1991).

4.6 Molibdênio (Mo)

O Mo é um dos micronutrientes menos exigido em quantidade pelas plantas, é absorvido, transportado e redistribuído na forma de MoO_4^{2-} e, em alguns casos, pode ser transportado complexado com carboidratos. Apesar de apresentar pouca mobilidade no floema, os sintomas de deficiência de Mo são muito semelhantes ao do nitrogênio.

A principal função do Mo é ser cofator enzimático de rotas ligadas ao metabolismo do nitrogênio como a nitrogenase e a redutase do nitrado, justificando assim os sintomas parecidos com nitrogênio.

Na solução do solo, pode ser encontrado nas formas MoO_4^{2-} ou $HMoO_4^-$, conforme o pH, com sua disponibilidade aumentada à medida que o pH do solo aumenta. Além disso, pode sofrer processos de oxirredução ($Mo^{4+} \leftrightarrow Mo^{6+}$).

Os teores totais de Mo em solos brasileiros podem variar de 0,06 a 6,0 mg kg^{-1} e ser disponíveis de 0,01 a 1,4 mg dm^{-3} (MALAVOLTA; BOARETO; PAULINO, 1991). Os valores adequados para hortaliças podem variar de 0,4 a 3,3 mg kg^{-1} (MESQUITA FILHO; SOUZA; FURLANI, 2001).

A adubação com o Mo, devido serem necessárias baixas doses, tem sido realizada em tratamento de sementes e aplicações foliares. As principais fontes de Mo são molibdato de sódio (39% de Mo), paramolibdato de amônio (54% de Mo) e óxido de molibdênio (66% de Mo) (VOLKWEISS, 1991).

4.7 Níquel (Ni)

O Ni foi o último dos micronutrientes a ser considerado um elemento essencial, em 1975.É absorvido na forma de Ni^{2+} ou na forma quelatizada com compostos orgânicos; nessas mesmas formas, são transportados via xilema. O Ni é considerado um elemento móvel no floema e tende a acumular-se nos órgãos em desenvolvimento. De maneira geral, os teores do elemento são muito baixos no tecido vegetal (de 0,05 a 5 mg kg^{-1}) e a grande amplitude está relacionada **à**s diferentes espécies vegetais. O sintoma de deficiência **é** conhecido como "orelha de rato", embora outros sintomas possam acontecer, mas ainda são desconhecidos. Por outro lado, o excesso de Ni pode causar toxidez **à**s plantas, alguns trabalhos mostram que o excesso pode causar menor desenvolvimento das raízes.

O Ni apresenta participação na síntese de etileno e na germinação de sementes e **é** componente estrutural da enzima hidrogenase.

No solo, os teores do elemento são muito variáveis e dependentes do material de origem. Solos mais jovens tendem a apresentar teores mais altos desse nutriente. A concentração total pode variar de 4 a 2000 mg dm^{-3}, mas, apesar disso, somente 0,001% desses valores são considerados disponíveis e, na maioria das vezes, esse teor é menor que 1 mg dm^{-3}. Os teores de Ni apresentam relação diretamente proporcional ao teor de argila, CTC e inversamente proporcional ao pH.Além disso, pode haver competição com outros cátions pelos sítios de adsorção no complexo de troca, principalmente com Fe, Zn e Cu, por causa de semelhanças como valência e raio iônico hidratado.

4.8 Zinco (Zn)

O Zn é absorvido na forma de Zn^{2+} e sofre inibição competitiva com Cu^{2+} e não competitiva com P. O transporte via xilema acontece complexado com ácidos orgânicos como o malato e o citrato, já a redistribuição do elemento é dependente do estado nutricional da planta quanto ao elemento, normalmente quanto maior for o conteúdo, maior será a redistribuição. O Zn é considerado um elemento pouco móvel, sendo redistribuído também em formas complexadas. Em situações de deficiência, os sintomas de verde pálido em folhas mais novas aparecem, as plantas restringem o crescimento e encurtam os entrenós.

O Zn é importante para formação de complexos com N, O e S, dando caráter funcional às enzimas, como rubisco, anidrase-carbônica e superóxido dismutase. Também é importante na manutenção e na integridade dos ribossomos e na ativação de RNAses e polimerases, além de ser um dos precursores do triptofano, importante aminoácido ligado à produção do hormônio auxina, responsável pelo crescimento das plantas.

No solo, diferentemente dos outros micronutrientes catiônicos, o Zn não sofre reações de oxirredução. É um dos micronutrientes que mais limita a produção.Em solos com textura mais arenosa, o Zn pode sofrer lixiviação para camadas subsuperficiais do solo.Solos neutros e alcalinos, ou ainda, que receberam pesadas adubações com P, podem sofrer indisponibilidade de Zn devido à interação negativa P x Zn. Altos teores de matéria orgânica podem complexar o Zn de modo que processos que resultam emperda da camada superficial do solo mais rica em MOS(erosão) podem intensificar a deficiência do mesmo.

Os teores totais de Zn em solos brasileiros podem variar de 4 a 263 mg kg^{-1} e disponíveis de 0,1 a 45 mg dm^{-3}(MALAVOLTA; BOARETO; PAULINO, 1991). Os valores nas folhas das hortaliças podem variar de 5 a 250 mg kg^{-1} (MESQUITA FILHO; SOUZA; FURLANI, 2001).

As principais fontes de Zn são sulfato de zinco (23% de Zn), óxido de zinco (78% de Zn) e fontes quelatizadas (EDTA, NTA, HEDTA, lignossulfonato e poliflavonoide) com concentrações variáveis de Fe (de 5 a 14%) (VOLKWEISS, 1991).

5 Fontes de Nutrientes

Para que as culturas expressem seu potencial produtivo, é necessário que apresentem a melhor condição nutricional possível, alcançada quando o solo se apresenta equilibrado com relação aos teores dos nutrientes disponíveis para as plantas.

A melhoria das características químicas do solo, com vistas à busca desse equilíbrio, pode ser realizada por meio do manejo da adubação. São exemplos a realização da calagem e a gessagem, que possibilitam ajuste do pH, diminuição da atividade do Al tóxico no solo e fornecimento de Ca, Mg e S para as plantas. O fornecimento dos demais nutrientes é realizado por meio de adubações que podem ser divididas em orgânica, organomineral e mineral.

Independentemente do manejo químico adotado, sua recomendação deve considerar dois princípios básicos: a) os atributos do solo anterior à adoção do manejo, que deve ser mensurada por meio da análise química do solo, e b) a necessidade da cultura.

5.1 Adubação Orgânica

A adubação orgânica consiste da aplicação no solo de resíduos orgânicos tanto de origem animal quanto vegetal. A aplicação desses resíduos é importante, pois contribui para a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

5.2 Adubos Verdes

A adubação verde é o uso de plantas especificamente para fornecer biomassa e nutrientes, geralmente, antes de uma cultura importante economicamente. Na adubação verde, ocorre o cultivo de determinadas espécies de plantas com fins não comerciais. Essas plantas podem ou não ser incorporadas ao solo. As principais alterações observadas são as na estrutura do solo, por meio do aumento da matéria orgânica do solo e de sua atividade biológica, aumento de nutrientes no solo pelo fornecimento de nitrogênio e reciclagem de outros nutrientes.

Um exemplo de emprego de plantas na adubação verde é o uso de leguminosas que têm capacidade de associar-se com bactérias diazotróficas, em uma associação simbiótica (geralmente formando nódulos nas raízes) capaz de converter o N_2 do ar do solo em NH_4^+ e fornecê-lo para a planta, o que possibilita que essas plantas sejam mais ricas em nitrogênio. As leguminosas geralmente apresentam relação C/N baixa ($< 25:1$), não acontecendo a imobilização do N do solo pelos microrganismos decompositores, que acontece no caso dos materiais de relação C/N > 30. Isso possibilita que a decomposição/mineralização do adubo verde seja rápida, fornecendo os nutrientes nele contido para a próxima cultura.

Além desse aspecto, o uso de plantas no manejo das culturas excede as questões nutricionais. Em áreas com presença de patógenos fitopatogênicos de solo, como os nematoides, as crotalárias beneficiam o crescimento radicular das plantas da cultura sequencial pela ação inibitória na população de nematoides fitopatogênicos no solo. Um aspecto relevante é que, no processo de fixação simbiótica, permite-se incorporar N ao solo naturalmente (temperatura e pressão ambiente), com baixo custo energético, ao contrário do que acontece na fixação industrial do N (Reação 33), para a produção de fertilizantes nitrogenados.

No geral, as plantas utilizadas na adubação verde apresentam baixo teor de nutrientes em sua composição (Tabelas 6 e 7). O uso exclusivo dessas na adubação é insuficiente para suprir a necessidade nutricional das culturas comerciais, ou seja, na maior parte dos casos, para obtenção de produtividades maiores, haverá necessidade de complementação nutricional com fertilizantes

(mineral ou organomineral). Dessa maneira, os maiores benefícios da adubação verde serão como condicionador de solo, pois os resíduos das plantas podem ser utilizados para a cobertura da superfície do solo, aumentando a eficiência no uso da água, pela redução da evapotranspiração, ajudando no controle de plantas daninhas, na redução de perdas do solo por erosão e inibindo pragas e doenças.

Tabela 6 - Composição química de diferentes espécies de inverno

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	C	Zn	Cu	Mn	Relação C/N
	%						mg kg^{-1}			
Chicharo	2,23	0,10	2,90	0,39	0,19	41,91	22	11	52	18,79
Aveia preta	1,65	0,10	1,60	0,25	0,17	59,81	11	7	102	36,25
Aveia branca	0,81	0,05	2,40	0,24	0,17	38,52	9	6	138	47,56
Azevém	1,34	0,07	2,60	0,41	0,22	59,22	23	9	214	44,19
Centeio	1,22	0,08	1,40	0,18	0,14	44,59	15	6	53	36,55
Girassol	1,80	0,15	2,40	1,55	0,62	39,95	31	18	96	22,19
Espérgula	1,61	0,15	3,35	0,31	0,93	40,49	44	11	136	25,15
Ervilhaca peluda	1,88	0,10	2,30	0,44	0,20	35,06	26	9	61	18,65
Ervilhaca comum	2,02	0,13	2,10	0,86	0,27	37,61	24	9	87	18,62
Serradela	1,79	0,14	3,55	1,10	0,45	40,14	59	13	97	22,42
Nabo forrageiro	2,96	0,19	3,90	2,15	0,95	34,42	49	8	84	11,63
Tremoço branco	1,68	0,09	2,66	0,46	0,38	24,93	57	12	330	14,84
Tremoço amarelo	1,91	0,16	2,50	0,59	0,39	27,45	66	14	359	14,37
Tremoço azul	1,39	0,06	2,40	0,46	0,35	26,96	24	13	230	19,40
Ervilha forrageira	2,09	0,12	1,50	0,70	0,20	39,77	8	22	102	19,03

Fonte: Calegari (1993).

Tabela 7 - Composição química de diferentes espécies de verão

Espécie	MS	N	P	K	Ca	Mg	Relação
	t ha-1	%					C/N
Crotalaria juncea	13,30	1,42	0,10	1,08	0,69	0,33	19
Crotalaria retusa	5,00	2,27	0,17	1,94	1,38	0,53	15
Crotalaria spectabilis	10,00	2,07	0,14	2,36	1,02	0,32	18
Crotalaria lanceolata	6,40	2,78	0,14	2,15	0,57	0,35	-
Crotalaria grantiana	7,70	1,96	0,11	1,52	0,73	0,18	-
Feijão de porco	7,10	2,49	0,20	1,90	1,48	0,39	11
Gunadu anão	7,70	1,94	0,13	1,17	0,60	0,22	15

Mucuna anã	3,50	2,72	0,19	1,97	1,51	0,34	15
Mucuna rajada	7,70	2,76	0,18	1,71	1,42	0,37	15
Mucuna cinza	6,50	2,63	0,24	1,36	1,02	0,38	14
Mucuna preta	6,00	3,10	0,23	1,62	1,09	0,30	12

Fonte: Calegari (1993).

5.3 Fertilizante Orgânico

Os fertilizantes orgânicos são aqueles constituídos de compostos orgânicos de origem natural, vegetal ou animal. Diferentes resíduos orgânicos podem ser utilizados para esse fim, entre eles, têm destaque o esterco animal, as sobras de alimentos, os resíduos da produção animal em grande escala, como granjas de suínos e de aves, os resíduos da indústria de alimentos, como abatedouros, frigoríficos etc.

A composição de alguns dos principais fertilizantes orgânicos utilizados na agricultura está apresentada nas Tabelas 8 e 9. O teor dos nutrientes nos fertilizantes orgânicos é considerado baixo. No entanto, alguns fertilizantes, como a cama de frango, podem apresentar 668 kg t^{-1} de matéria seca (MS) em sua composição, podendo, a médio prazo, beneficiar alguns atributos químicos e físicos do solo, como o aumento da CTC, a agregação, a porosidade e a retenção de água do solo. Para que os fertilizantes orgânicos possam proporcionar tais benefícios, é necessário que, antes da sua aplicação, passem por um processo de estabilização dos compostos pelo processo de compostagem, que possibilita a transformação do material orgânico em húmus.

A compostagem é necessária para a diminuição da relação C/N do material, facilitando sua mineralização, que irá levar a disponibilização dos nutrientes contidos nos mesmos. Além disso, esse processo também reduz o risco da contaminação das áreas cultivadas por microrganismos fitopatogênicos, principalmente fungos, bactérias e vírus presentes nos fertilizantes orgânicos, que são mortos pelo aquecimento do composto durante o período da compostagem.

Tabela 8 - Valores médios de alguns atributos e de nutrientes dos principais fertilizantes orgânicos

Fertilizante	**Umidade**	**Densidade**	**MS**	**RM**	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**	**CaO**	**MgO**	**S**
	%	**kg m^{-3}**	**kg t^{-1}**							
Cama de frango	33	294	668	64	17,0	13,0	8,4	14,0	-	-
Esterco de poedeira	68	885	323	62	7,0	11,0	4,0	28,0	-	-
Cama de peru	45	474	561	134	18,0	21,9	14,0	25,0	-	-
Cama de frango (média)	-	-	728		27,4	30,1	30,0	34,5	9,1	1,9
Cama de frango (2-5 lotes)	-	-	714		25,7	25,8	27,2	33,8	9,4	4,4
Cama de frango (6-9 lotes)	-	-	801		32,1	36,4	31,5	50,9	12,9	5,3
Esterco sólido de bovino	-	-	280		14,5	11,2	13,2	19,7	10,1	3,0
Esterco líquido de bovino[1]	-	-	69		1,59	1,26	3,36	2,11	1,21	0,53

[1]kg m^{-3}. Para a transformação dos teores de P_2O_5 para P,divide-se por 2,29; de K_2O para K, divide-se por 1,20; de CaO para Ca, divide-se por 1,40; de MgO para Mg, divide-se por 1,66. Para transformar kg t^{-1} para %, divide-se por 10.

Fonte: Pauletti e Motta (2017).

Tabela 9 - Valores médios de alguns atributos e de nutrientes de vinhaça e lodo de esgoto

Fertilizante	Sólidos totais	pH	Poder de Neutralização	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
	kg t-1		%	kg m-3				
Vinhaça	25	4,15	-	0,35	0,06	2,03	0,51	0,22
	kg t^{-1}		%	kg t^{-1}				
Lodo de esgoto	630	12,5	43	13,8	16	0,7	197,1	28,7

Para a transformação dos teores de P_2O_5 para P, divide-se por 2,29; de K_2O para K, divide-se por 1,20; de CO para Ca divide-se por 1,40; de MgO para Mg, divide-se por 1,66. Para transformar kg t^{-1} para %, divide-se por 10.

Fonte: Pauletti e Motta (2017).

A aplicação dos fertilizantes orgânicos deve ser realizada entre 30 e 40 dias anteriormente à implantação da cultura, espalhada superficialmente por toda a área cultivada e incorporada ou não ao solo, a depender do sistema de manejo. A quantidade a ser aplicada depende diretamente da fertilidade atual do solo, da disponibilidade local, do custo de transporte e da aplicação dos fertilizantes orgânicos, que podem impactar diretamente no custo de produção das hortaliças em geral.

5.4 Fertilizante Organomineral

A associação de fertilizantes minerais com orgânicos é classificada como fertilizantes organominerais. São produtos resultantes da mistura física ou combinação desses componentes, sendo comercializados em formulações em pó, farelada e granulada.

O teor final dos nutrientes presentes nos adubos organominerais dependerá de quais fontes serão utilizadas na sua produção, sendo no mercado encontradas diferentes formulações, visando atender as diferentes necessidades nutricionais das culturas. As principais características dos fertilizantes organominerais é ter mínimo de 8% de carbono orgânico total, umidade máxima de 25%, CTC mínima de 80 $mmol_c$ kg^{-1}, mínimo de 10% de macronutrientes primários (N, P e K), ou 5% de macronutrientes secundário ou 4% de micronutrientes (BRASIL, 2007).

A mistura de fontes minerais e orgânicas é realizada com o objetivo de obter o somatório do benefício que cada uma delas apresenta separadamente. Dessa maneira, as fontes minerais são importantes no aumento do teor dos nutrientes presentes na mistura e para balancear as formulações e as fontes orgânicas que atuarão principalmente como condicionadoras do solo, ajudando na sua melhoria química, física e biológica.

5.5 Fertilizante Mineral

Os fertilizantes minerais são aqueles constituídos de compostos inorgânicos. Exceções são a uréia e os fertilizantes quelatizados que, apesar de terem C em sua composição, são considerados fertilizantes minerais. O fornecimento dos nutrientes pode ser realizado a partir do uso de fertilizantes minerais simples, mistos e complexos.

Os 'fertilizantes minerais simples' são aqueles constituídos de um composto químico, contendo um ou mais nutrientes em sua composição (p.e., KCl). Os 'fertilizantes minerais mistos' são o produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples, complexos ou ambos ($CO(NH_2)_2$ + $NH_4H_2PO_4$ + KCl). Estão neste grupo o conjunto de formulações de adubos minerais que pode conter os nutrientes NPK, NP, NK e PK. Já os 'fertilizantes minerais complexos' são

o produto resultante da reação química de dois ou mais compostos químicos, contendo dois ou mais nutrientes. São obtidos pela reação entre matérias-primas (p.e.,NH_3,H_3PO_4)que resulta em produção de fosfato monoamônio (MAP), fosfato diamônio (DAP), entre outros.

Quanto à natureza do nutriente contido, os fertilizantes minerais são classificados em nitrogenados (Tabela 10), fosfatados (Tabela 11), potássicos (Tabela 12), cálcicos (Tabela 13) magnesianos (Tabela 14), sulfurados (Tabela 15) e fertilizantes minerais com micronutrientes (Tabela 16).

Tabela 10 - Fertilizantes minerais nitrogenados

Fertilizante	Obtenção	Característica	Teor
Amônia anidra (NH_3)	Reação entre N_2 e o H de gases de petróleo	N-NH_3	82% de N
Aquamômia ($NH_3 + H_2O$)	Reação de amônia anidra (NH_3) com água	N-NH_4^+	16-21% de N
Nitrato de sódio ($NaNO_3$)	Reação de HNO_3com NaOH		16% de N
Nitrato de potássio (KNO_3)	Reação de $NaNO_3$com KCl	N-NO_3^-	13% de N 44% de K_2O
Sulfonitrato de amônio $(NH_4)_3\ SO_4.NO_3$	Reação de NH_4NO_3 + $(NH_4)_2SO_4$	75% N-NH_4^+ e 25% N-NO_3^-	25-26% de N 13-15% de S
Nitrato de amônio (NH_4NO_3)	Reação de $Ca(NO_3)_2$	50% N-NH_4^+ e 50% N-NO_3^-	34% de N
Cloreto de amônio	Reação de HCl com amônia	N-NH_4^+	25% de N 62-66% de Cl
Nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$)	Reação do HNO_3 com CaO e $CaCO_3$	N-NO_3 com até 1,5% de NH_4^+	14% de N 18-19% de Ca
Sulfato de amônio ($(NH_4)_2SO_4$)	Reação de H_2SO_4 com aquamônia	N-NH_4^+	20% de N e 24% de S
Ureia ($CO(NH_2)$)	NH_3+CO_2 sob pressão	N-amídico	45%[1]
Cálcio-cianamida ($CaCN_2$)	Fixação de N_2 em carbureto de Ca ($CaCl_2$) a 1000ºC	CN_2^{2-} e até 3% de N-NO_3^-	21% de N e 27% de Ca
Nitrocálcio	Reação de HNO_3com calcário	N-NO_3^-	22-27 % de N, 4-15% de Ca e 0-4% de Mg

Fonte: Brasil (2007).

Tabela 11 - Fertilizante mineral fosfatado.

Fertilizante	Obtenção	Característica	Teor
Fosfato natural (apatitas) $Ca_{10}(PO_4)_6.[F_2(OH)_2.CO_2]$	Beneficiamento de rochas	4% sol. em ácido cítrico a 2% (ou 20 g L^{-1}) relação (1:100); < peneira 0,075 mm; rocha ígnea ou metamórfica	24% de P_2O_5 total 23-27% de Ca
Fosfato natural reativo $Ca_{10}(PO_4)_6.[F_2(OH)_2.CO_2]$	Beneficiamento de rochas	10% sol. em ácido cítrico a 2% (ou 20 g L^{-1}) relação (1:100); farelado; rocha sedimentar	27% de P_2O_5 total 30-34% de Ca

Ácido fosfórico H_3PO_4	Fosfato natural + H_2SO_4	Fluida	54% de P_2O_5
Superfosfato simples $[Ca(H_2PO_4)_2.H_2O+CaSO_4.2H_2O]$	Fosfato natural + H_2SO_4	P_2O_5 solúvel em CNA+H_2O=16% sol. em H_2O	18% de P_2O_5 18-20% de Ca 11-12% de S
Superfosfato triplo	Fosfato natural+ H_3PO_4	P_2O_5 solúvel em CNA+H_2O=37% sol. em H_2O	44% de P_2O_5 14% de Ca
Fosfato monoamônico -MAP $(NH_4H_2PO_4)$	H_3PO_4+NH_4	P_2O_5 solúvel em CNA+H_2O=44% sol. em H_2O	9% de N 48% de P_2O_5
Fosfato diamônico -DAP $[(NH_4)_2HPO_4]$	H_3PO_4+NH_4	P_2O_5 solúvel em CNA+H_2O=38% sol. em H_2O	16% de N 45% de P_2O_5
Fosfato monopotássico (KH_2PO_4)	H_3PO_4 +KOH	P_2O_5 e K_2Osolúveis em H_2O	51% de P_2O_5 33% de K_2O
Fosfato decantado	Tratamento de efluentes do H_3PO_4	P_2O_5 total=9% P_2O_5 solúvel em CNA+H_2O	14% de P_2O_5
Termofosfato magnesiano	Fusão de fosfato natural + compostos magnesianos	P_2O_5 total=14% sol. ácido cítrico a 2% (relação 1:100)	17% de P_2O_5 7% de Mg 18-20% de Ca

Fonte: Brasil (2007).

Tabela 12 - Fertilizantes minerais potássicos.

Fertilizante	Obtenção	Característica	Teor
Cloreto de potássio (KCl)	Jazidas, obtida por dissolução seletiva	K_2O solúvel em água	58% de K_2O e 45-48 % de Cl
Sulfato de potássio (K_2SO_4)	KCl + H_2SO_4	K_2O solúvel em água	48% de K_2O e 15% de S
Nitrato de potássio (KNO_3)	KCl + HNO_3	K_2O solúvel em água	44% de K_2O e 12% de N

Fonte: Brasil (2007).

Tabela 13 - Fertilizantes minerais cálcicos.

Fertilizante	Obtenção	Característica	Teor
Carbonato de cálcio $(CaCO_3)$	Rocha calcária calcítica	Ca total (Corretivo de acidez)	36% de Ca
Óxido de cálcio (CaO)	Calcinação de calcita	Ca total (Corretivo de acidez)	64% de Ca
Hidróxido de cálcio $(CaOH_2)$	Hidrólise CaO	Ca total (Corretivo de acidez)	48% de Ca
Cloreto de cálcio $(CaCl_2.2H_2O)$	HCl+CaO	Ca solúvel em H_2O	24% de Ca 43% de Cl
Nitrato de cálcio $[Ca(NO_3)_2]$	HNO_3+CaO	Ca solúvel em H_2O	14% de N 18-19% de Ca
Sulfato de cálcio $[CaSO_4.2H_2O]$	Subproduto da fabricação de H_3PO_4	Ca e S totais	18-19% de Ca 14-17% de S

Fonte: Brasil (2007).

Tabela 14 - Fertilizantes minerais magnesianos.

Fertilizante	Obtenção	Característica	Teor
Carbonato de magnésio ($MgCO_3$)	Mineral magnesita	Mg total (corretivo da acidez)	25-27% de Mg
Óxido de magnésio (MgO)	Calcinação de magnesita	Mg total (Corretivo de acidez)	45-54 % de Mg
Sulfato de magnésio [$MgSO_4.7H_2O$]	H_2SO_4+MgO	Mg solúvel em H_2O	9% de Mg 12-14% de S
Cloreto de magnésio [$MgCl_2.6H_2O$]	HCl+MgO	Mg solúvel em H_2O	10% de Mg 34% de Cl

Fonte: Brasil (2007).

Tabela 15 - Fertilizantes minerais que contêm enxofre.

Fertilizante	Obtenção	Característica	Teor
Enxofre elementar (S^o)	Extração da pirita;subproduto de gás natural e do carvão mineral	S total	95% de S

Fonte: Brasil (2007).

Tabela 16 - Fertilizantes minerais que contêm micronutrientes e de cobalto.

Fonte	Fórmula	Concentração aproximada	Solubilidade em água
		%	g L-1
Boro			
Bórax	$Na_2B_4O_7.10H_2O$	11	20
Borato 46	$Na_2B_4O_7.5H_2O$	14	226
Borato 65	$Na_2B_4O_7$	20	10
Solubor	$Na_2B_4O_7.5H_2O + Na_2B_{10}O_{16}.10H_2O$	20	
Ácido bórico	H_3BO_3	17	
Ulexita	$NaCaB_5O_9.8H_2O$	17	63
Cobre			
Sulfato de cobre	$CuSO_4.5H_2O$	25	316
Óxido de cobre	CuO	75	Insolúvel
Ferro			
Sulfato ferroso	$FeSO_4.7H_2O$	19	156
Sulfato férico	$Fe_2(SO_4).9H_2O$	23	4400
Manganês			
Sulfato manganoso	$MnSO_4.3H_2O$	26-28	742
Óxido manganoso	MnO	41-68	Insolúvel

Molibênio			
Molibdato de sódio	$Na_2MoO_4.2H_2O$	39	562
Molibdato de amônio	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	54	430
Óxido de molbdênio	MoO_3	66	1
Zinco			
Sulfato de zinco	$ZnSO_4.7H_2O$	23	965
Óxido de zinco	ZnO	78	Insolúvel
Cobalto			
Cloreto de cobalto	$CoCl_2.6H_2O$	25	760
Nitrato de cobalto	$Co(NO_3)_2.6H_2O$	20	1338
Sulfato de cobalto	$CoSO_4.7H_2O$	22	600

Fonte: Abreu, Lopes e Gabrielli (2007).

6 Principais características dos fertilizantes

6.1 Solubilidade

Quanto à característica de solubilidade, tem-se como principais categorias os fertilizantes solúveis e insolúveis em água, e para os fertilizantes fosfatados, além dessas, tem-se a solubilidade em citrato neutro de amônio (CNA + H_2O) e a solubilidade em ácido cítrico a 2%. A solubilidade em água exprime o quanto de um fertilizante está disponível às plantas. Os fertilizantes solúveis em água caracterizam-se pela disponibilidade imediata, quando adicionado ao solo, porém mais susceptíveis de perdas por lixiviação (nitrogenados e potássicos), por volatilização (nitrogenados) ou por insolubilização (caso dos fertilizantes fosfatados). Para diminuir perdas por volatilização e/ou lixiviação, há propostas de fertilizantes com liberação controlada, com eficácia obtida em algumas situações. Exemplo disso é o revestimento da ureia com inibidores da urease.

6.2 Índice Salino (IS)

Nos sistemas de produção de hortaliças, são utilizadas altas doses de fertilizantes, tornando relevantes as características do IS e o poder de acidificação e de alcalinização dos fertilizantes minerais. O IS refere-se sobre a capacidade do fertilizante de aumentar a pressão osmótica da solução do solo, tomando como referência o Nitrato de sódio ($NaNO_3$), que tem IS de 100. Nitratos e cloretos têm IS altos, enquanto fosfatos têm IS mais baixos (Tabela 17). Assim, sistemas em que se faz uso de adubações em altas doses de nitratos e cloretos, há riscos de estresse denominado de seca fisiológica, caracterizado pela migração das raízes para a solução do solo, que ocorre quando a pressão osmótica da solução do solo torna-se superior à da solução celular das raízes, com graves conseqüências, tais como: não emergência ou morte das plântulas.

Tabela 17 - Índice salinode fertilizantes minerais

Fertilizantes	Índice Salino (IS)[1]
Nitrato de amônio	105
Ureia	75
Sulfato de amônio	69
Nitrato de cálcio	52
Nitrato de sódio	100
Uran	-
Fosfato monoamônico (MAP)	30
Fosfato diamônico (DAP)	34
Fosfato de ureia	-
Ácido fosfórico (54% P_2O_5)	-
Cloreto de potássio	116
Sulfato de potássio	46
Nitrato de potássio	74
Sulfato de potássio e magnésio	43
Salitre potássico	92
Fosfato monopotássico (MKP)	8

[1] Índice relativo ao nitrato de sódio (valor 100).
Fonte: Os autores.

6.3 Acidificação e alcalinização

Os fertilizantes podem apresentar residual de reação ácida ou alcalina (Tabela 17). Fertilizantes que possuem, em sua constituição, NH_4^+ (NH_4NO_3, NH_4SO_4, $NH_4H_2PO_4$), $(NH_4)_2HPO_4$, ou que têm como produto final NH_4^+, como é o caso da ureia ($(NH_2)_2CO$),apresentam como resultante umareação ácida em decorrência da produção de íons H^+ nas reações de nitrificação (Reações 30 e 31). Por outro lado, alguns fertilizantes têm reação residual alcalina. Estão neste grupo o salitre do Chile ($NaNO_3$), o nitrato de potássio (KNO_3) e os termofosfatos.

A reação ácida ou alcalina do fertilizante é medida em equivalente $CaCO_3$. Na tabela 17, tem se que o equivalente de $CaCO_3$ da ureia é 840 e do termofosfato magnesiano é -8, o quesignifica que a cada 1 tonelada de ureia são necessários 840 kg de $CaCO_3$ para corrigir a acidez residual por ela gerada. Do contrário, para cada 1 tonelada de termofosfato adicionado, é gerada uma ação corretiva equivalente a 8 kg de $CaCO_3$.

Tabela 18 - Poder acidificante e alcalinizante (B)[1] de alguns fertilizantes

Fertilizante	Equivalente $CaCO_3$
	kg t^{-1}
Amônia anidra	1.480
Sulfato de amônio	1.100
Fosfato monoamônico (MAP)	880
Fosfato diamônico (DAP)	600
Nitrato de amônio	600
Nitrocálcio	280
Sulfonitrato de amônio	840
Ureia	840
Salitre do Chile (NaNO3)	- 290 (B)
Salitre potássico (KNO3)	- 260 (B)
Sulfato de potássio	0
Cloreto de potássio	0
Sulfato de potássio e magnésio	0
Superfosfato simples	0
Superfosfato triplo	0
Termofosfato magnesiano	- 8 (B)
Farelo de algodão	90
Composto de lixo	- 70 (B)
Caule de planta de fumo	-250 (B)

[1] kg de $CaCO_3$ equivalente, em excesso. Adaptado de Tisdale, Nelson e Beaton (1985).
Fonte: Os autores.

6.4 Higroscopicidade

A higroscopicidade dos adubos é uma propriedade que reflete a tendência do produto em absorver água do ar atmosférico. É delimitada pela umidade relativa crítica (URc) que se refere à umidade relativa do ar máxima a que um produto é exposto sem que ele absorva umidade. A importância da URc está em dar informações úteis para orientar sobre o armazenamento: tempo, embalagem, local (ambiente aberto ou fechado). Na Figura 8, exibem-se valores de URc de alguns fertilizantes e de suas misturas binárias. O nitrato de cálcio tem URc de 46,7% e o KCl de 84,0% de umidade relativa do ar. Observa-se que, quando se misturam dois fertilizantes, a URc diminui. Na mistura de nitrato de cálcio e KCl, a URc cai para 22,0%, o que torna essa mistura incompatível.

Figura 8 - Umidade relativa crítica de sais fertilizantes e misturas a 30ºC. Os valores são em percentagem de umidade relativa.

Fonte: Hoffmeister (1973).

7 Estratégias de Adubação

Para suprir a exigência nutricional das culturas, os nutrientes podem ser fornecidos via solo, por meio de adubações em área total (lanço, incorporada ou não) e localizadas (sulcos ou covas), via fertirrigação ou via foliar.

7.1 Adubação em área total (Lanço)

A adubação a lanço é uma prática muito utilizada quando se deseja distribuir e/ou corrigir uniformemente o teor dos nutrientes no solo. Ela pode ser incorporada ou não, dependente do tipo e do grau de solubilidade dos fertilizantes, das facilidades de volatilização, da mobilidade do elemento, do sistema de manejo adotado.

7.1.1 Incorporação

Fertilizante com elemento de muito baixa mobilidade no solo, como o P, precisa ser incorporado. Quando se tem fontes insolúveis em água, como no caso dos fosfatos naturais reativos, há tendência de melhorar a eficiência com a incorporação do adubo, de modo a aumentar o contato das partículas com o solo e ter maior ação solubilizadora. Contudo essa estratégia é viável em um contexto de altas doses, de solos com moderada acidez, que possibilita maior solubilização do fosfato e plantas com certo grau de adaptação à acidez do solo. Em solos com pH superior a 6,0 ou alcalinos, a eficiência dos fosfatos naturais é baixa, ainda que a lanço e incorporado.

No caso de fosfatos solúveis, a incorporação diminui a eficiência por causa do favorecimento da fixação, o que resulta em necessidade de maior dose. A aplicação superficial de fontes fosfatadas solúveis é pouco recomendável, haja vista a muito baixa mobilidade do nutriente fósforo, como já discutido anteriormente.

7.1.2 Não incorporação (lanço superficial)

A aplicação superficial, a lanço, sem incorporação é viável para os fertilizantes solúveis, fontes de nutrientes móveis no solo, tais como N e K, em situações de pré-plantio ou adubação parcelada em cobertura.

Os fertilizantes utilizados para essa prática devem ser cuidadosamente escolhidos, necessitando sempre levar em consideração o tempo de resposta desejado e os riscos de perdas de alguns nutrientes por volatilização, por lixiviação, escorrimento superficial e/ou por adsorção pelos coloides do solo. Desta maneira, em solos com alta capacidade de drenagem, principalmente os de textura arenosa, baixa CTC e MOS, bem como em áreas com relevo suave a ondulado, com possibilidade de escorrimento superficial, não é recomendada a aplicação de fontes altamente solúveis de elementos móveis, em condições de pré-plantio (p.e., SA e KCl).

É preciso destacar que há especificidades de alguns fertilizantes, como a ureia. A aplicação de uréia em superfície sem incorporação pode resultar em perdas por volatilização consideráveis de NH_3 (Reações 28 e 29), especialmente se o ambiente estiver alcalino, palhana superfície e umidade do solo alta. Essas perdas são diminuídas quando ocorre a incorporação da ureia, que pode ser feita por meio da irrigação, por exemplo.

Em trabalho realizado por Viero et al. (2012) estudando a época de irrigação em relação à adubação com ureia, os autores observaram que as perdas de NH_3 foram mínimas quando se irrigou imediatamente após a aplicação da ureia e que as perdas de NH_3 foram máximas quando a ureia foi aplicada sobre solo úmido. O processo de incorporação de ureia por meio de irrigação é uma alternativa viável em sistema de produção de hortaliças.

7.2 Adubação Localizada (Sulco ou Covas)

A adubação localizada é uma prática utilizada quando se quer concentrar os nutrientes junto ao local onde a planta irá se desenvolver. Normalmente, está associada a manejo com vistas à economia de adubação (principal vantagem) em culturas com espaçamento largo, ou nas situações que se quer diminuir a influência do solo na eficiência da adubação. Quase sempre, adubações a lanço demandam doses maiores, especialmente dos elementos que apresentam forte interação com o solo, como o P. Comparada à adubação em área total, a adubação em sulco apresenta algumas desvantagens, como a concentração dos nutrientes em uma pequena faixa de solo, fazendo que haja menor área de exploração do solo pelas raízes, que, em casos de veranicos, podem levar a redução no seu crescimento e no desenvolvimento, afetando sua produtividade final. Exemplo disso é o uso de alguns adubos como o KCl que apresentam elevado IS e, quando aplicados em altas doses no sulco prejudicam o desenvolvimento radicular. Por outro lado, a adubação localizada de P tem-se mostrado vantajosa, pois proporciona redução da adsorção de P pelos coloides do solo, aumentando a eficiência da adubação fosfatada.

7.3 Adubação Líquida (Fertirrigação e Foliar)

O fornecimento de nutrientes via soluções líquidas, contendo os diferentes nutrientes, é uma prática comum em grande parte das culturas, principalmente aquelas conduzidas em ambiente protegido (estufas). Na fertirrigação, o sistema de irrigação mais frequentemente usado para o fornecimento dos nutrientes é sistema de gotejamento. Para que não ocorram problemas com o fornecimento das soluções nutritivas ao longo das linhas de distribuição de gotas, o maior cuidado a se tomar é a utilização de matérias-primas de boa qualidade, com alta pureza, garantia das concentrações dos nutrientes e elevada solubilidade.

As quantidades dos nutrientes a serem aplicadas devem obedecer às exigências nutricionais e hídricas da cultura, sendo preparadas as soluções que garantam o fornecimento dos nutrientes nas quantidades necessárias para atender a demanda determinada pelo estádio fenológico em que a cultura se encontra.

A adubação foliar tal qual a fertirrigação é uma ferramenta de manejo nutricional das culturas que deve ser utilizada com objetivo de complementar a necessidade nutricional da planta quando o solo não é capaz de suprir essa necessidade ou a planta apresenta alta demanda em algum estádio fenológico de seu desenvolvimento. No entanto a aplicação foliar nunca deve ser utilizada como uma ferramenta de substituição do manejo nutricional via solo.

7.4 A decisão de adubar

A resposta em crescimento da planta ao aumento de teores de nutriente no solo pode ser representada pela Figura 9.

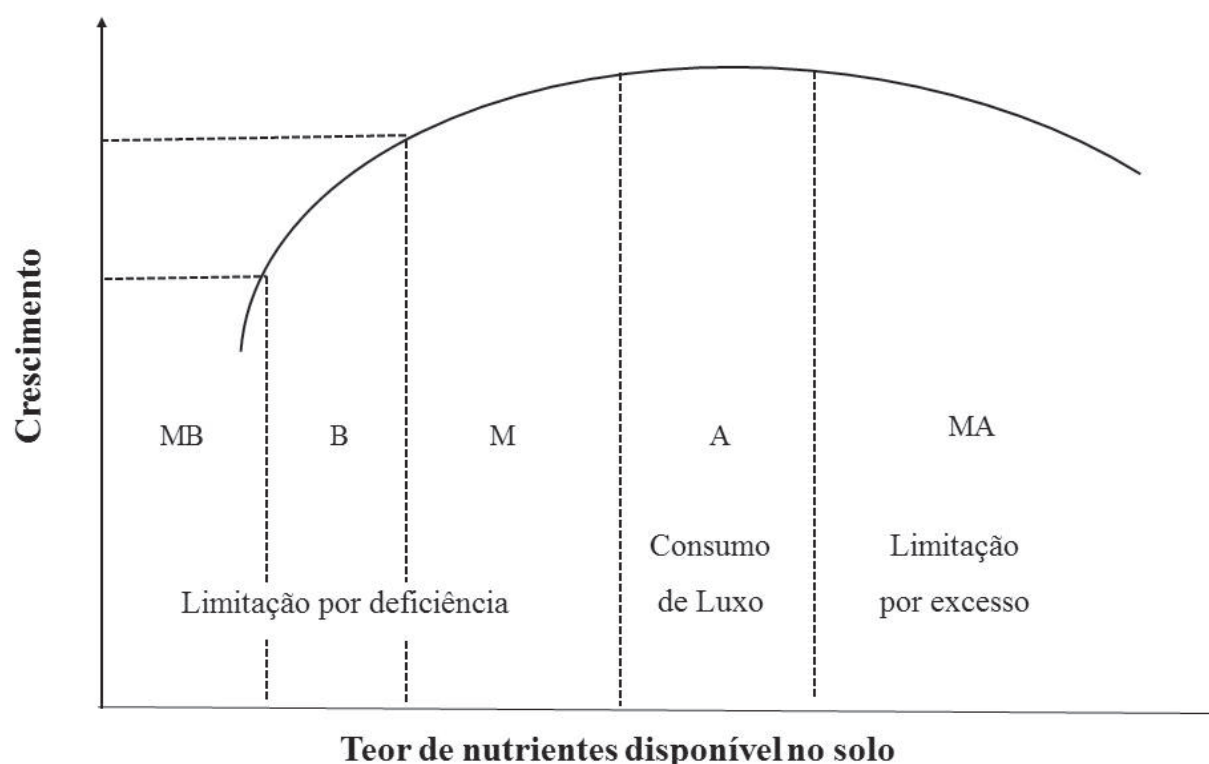



Figura 9 - Curva de crescimento hipotética de uma planta em função de teores crescentes de nutrientes no solo.

Fonte: Os autores.

Em uma situação hipotética de teor nulo de um nutriente no solo, não haveria crescimento da planta. Com a presença do nutriente no solo, há uma resposta positiva com acréscimos decrescentes até atingir o máximo crescimento, com o teor no solo que possibilita essa condição sendo definido como nível crítico, que pode corresponder a uma faixa, antes que um ponto específico. Essa faixa corresponde ao teor alto. Nel observa-se que há aumento do teor do nutriente no solo sem variação significativa, ou estabilidade, de crescimento. Contudo, se continuar aumentando o fornecimento de nutriente no solo (teor muito alto), ou de outro fator de produção, a planta pode passar por uma

situação de estresse e ter redução no crescimento. Isso ocorre por excesso do nutriente, gerando desequilíbrios que quase sempre induzem a deficiência de outro.

A observância de teores na classe 'muito alto' constitui-se em um alerta para a hipótese de limitação de produção, que poderá estar ocorrendo ou não, cabendo a aceitação dessa possibilidade a observações *in loco*, considerando-se, sempre, aspectos do rendimento efetivo que está sendo obtido e de histórico de manejo da área. Não esquecer os outros fatores físicos e/ou biológicos que podem ser determinantes para o sucesso do manejo químico do solo.

No processo de decisão sobre adubar, os dois primeiros aspectos cruciais para a decisão são a planta a ser cultivada e as condições de fertilidade do solo. Uma vez decidida a cultura, o próximo passo é avaliar se as condições de solo são favoráveis ou desfavoráveis. No caso de ser desfavorável, verificar se a limitação está ligada a condições de deficiência (teor médio, baixo ou muito baixo) ou de excesso (teor muito alto) de um fator de produção químico.

Por exemplo: excesso de Mg pode induzir a deficiência de K e vice-versa. Elevar o pH do solo de 5,5 para 6,5 é um fator positivo para aumento de produção, uma vez que garante o equilíbrio ótimo na disponibilidade de macro e micronutrientes. No entanto, adição de mais calcário aumenta a disponibilidade de Ca e de Mg, mas pode levar o pH do solo para a faixa alcalina e diminuir a disponibilidade de micronutrientes catiônicos, constituindo-se em fator de queda de produção.

Pode-se ter crescimento limitado por deficiência ou por excesso de um ou mais nutrientes. Em caso de limitação por deficiência (teor muito baixo, baixo, médio), faz-se o fornecimento do nutriente. Quando há limitação por excesso, suspende-se o fornecimento do mesmo. Se o excesso de um nutriente implica a deficiência de outro, proceder ao fornecimento do elemento que está sendo limitado. Se um elemento (Zn, por exemplo) tem sua disponibilidade limitada por excesso de pH, a adição via solo pode não ser a solução mais adequada, porque, ao adicionar o nutriente no solo, ele encontra condições desfavoráveis à sua disponibilidade. Ou seja, há que se observarem as interações solo-nutriente-planta e escolher as fontes e as estratégias mais úteis, no contexto do sistema de manejo adotado.

Teores de nutriente na faixa alta requerem estratégias de manejo de manutenção da capacidade produtiva, com adição de nutrientes ao solo visando à reposição do que foi extraído e exportado pelas plantas, do que foi perdido por lixiviação ou indisponibilizado por meio da interação nutriente-solo. Uma vez decidido sobre o que precisa ser feito para correção de condições desfavoráveis e/ou manutenção da capacidade produtiva do solo, vem a decisão das estratégias de adubação a utilizar, atreladas a fontes, características do solo, planta, relação solo-planta, questões ambientais e aspectos econômicos, no contexto do economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente justo.

8 Referências

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; GABRIELLI, G. C. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.

BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M. E. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p. 151-185.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 5, de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 mar. 2007.

CALEGARI, A. Manejo de adubação verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., 1992, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: Associacao dos Engenheiros Agronomos de Campo Mourão, 1993. p.104-116.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A C. Diagnose visual. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Org.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 273-308.

HAVLIN, J. L. et al. **Soil fertility and fertilizers**: an introduction to nutrient management. 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.

HOFFMEISTER G. Quality control in a bulk-blending plant. In: TVA FERTILIZER BULK-BLENDING CONFERENCE, 1973, Alabama. **Proceedings...** Alabama: Tennesse Valley Authorithy, Muscle Shoals, 1973. p. 59-70.

MALAVOLTA, E.; BOARETO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes: uma visão geral. In: FRREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Org.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 1-33.

MESQUITA FILHO, M. V.; SOUZA, A. F.; FURLANI, P. R. Hortaliças de bulbo, tubérculo, raíz e fruto. In: FERREIRA, M. E. et al. (Org.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, 2001. p. 511-525.

PARFITT, R. L. Chemical properties of variable charge soils In: THENG, B. K. G. (Ed.). **Soil with variable charges**. New Zealand: New Zealand Soil Science Society, 1980. p. 167-194.

PAULETTI, V.; MOTTA A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual Paraná, 2017.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed. New York: Macmillan Publishing Co., 1985.

VAN LIER, Q. J. **Física do solo**. Viçosa: SBCS, 2010.

VIERO, F. et al. Redução de perdas de nitrogênio por volatilização pelo uso de inibidor de urease e manejo da irrigação em milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 139, p. 18-20, 2012.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p. 391-412, 734.

WILDNER, L. P. Utilização de espécies de verão para adubação verde, cobertura e recuperação do solo em Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., 1992, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão, 1993. p. 144-160.

Manejo de água

Paulo Sérgio Lourenço de Freitas, Rivanildo Dallacort, Joao Danilo Barbieri e Altair Bertonha

1 Introdução

O Brasil é responsável por produzir mais de 3,7 milhões de toneladas de tomate por ano em uma área de 58,6 mil hectares (IBGE, 2017); para as culturas do pimentão e da melancia, a produção foi de 248,7 mil toneladas e 1,8 milhões de toneladas, respectivamente (IBGE, 2006). Para essas culturas, a irrigação aumenta em até 60 % a produtividade visando a períodos em que há restrição de chuvas (IBGE, 2017).

A irrigação favorece o aumento da produtividade em solanáceas e cucurbitáceas, pois, para culturas dessas famílias, a fase de reprodução apresenta flores, frutos verdes e frutos maduros aumentando a exigência hídrica e o risco de perdas quando ocorrem estiagem.

A água é o principal elemento carreador de nutrientes para as plantas, sendo ela proveniente da precipitação e/ou irrigação.Sua disponibilidade promove o incremento da produtividade, desde que atenda às necessidades das plantas em suas fases de desenvolvimento;contudo o uso indevido e desqualificado da irrigaçãopode acarretar muitos danos, como contaminação da fonte, salinização do solo e perda de qualidade do produto final, além de danos causados nos equipamentos de irrigação.

Com o avanço na utilização de irrigação (aspersão, microaspersão e gotejamento), estudos voltados à aplicabilidade dessa prática vêm sendo cada vez mais discutidos, já que, na água, estão contidos íons de ferro e manganês e altas concentrações de sólidos solúveis que podem entupir tubulações, provocando redução da área de condução da água, aumento da perda de carga e pressão no sistema e consequente redução na vazão dos emissores, o que pode inviabilizar o sistema de irrigação como um todo.Tanto as águas subterrâneas como as superficiais podem conter impurezas que inviabilizam o seu uso para irrigação.

Outro fator importante a ser observado em uma análise de água para irrigação diz respeito à salinização e à sodicidade. A salinização é a presença de sais na água; quando a condutividade elétrica é maior que 0,75 ds/m, já há risco de salinidade. A sodicidade (alta concentração de sódio) pode levar à formação de crostas, à saturação temporária da superfície, à elevação do pH, à baixa condutividade hidráulica, à falta de oxigênio para respiração radicular e ao aumento de doenças. Esses dois fenômenos levam a quedas na produtividade e formação de solos degradados.

Altos níveis de sais nas águas de irrigação tanto são prejudiciais ao desenvolvimento das culturas como causam a obstrução dos sistemas de irrigação (GARCIA et al., 2008). A qualidade da água para fins agrícolas obedece a uma classificação determinada pela concentração de alguns íons, tais como o sódio, o potássio, os cloretos e os sulfatos, além de outros parâmetros, como os sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica. Os sais são transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam sempre que a água se evapora ou é consumida pelas culturas. Os sais do solo e da água reduzem a disponibilidade da água para as plantas a tal ponto que afetam os rendimentos das culturas (AYERS; WESTCOT, 1999).

Algumas culturas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Essa diferença se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água (AYERS; WESTCOT, 1999), pois a importância da utilização da água para irrigação leva em conta, além da composição físico-química da água, as características da espécie vegetal (tolerância à salinidade, seu ciclo de vida etc.) e do solo (permeabilidade, porosidade, textura, composição mineral etc.).

Quanto aos aspectos físicos da água para irrigação, é importante salientar que, a partir dessas características, deverão ser tomadas as decisões de qual sistema de irrigação adotar, pois existem limitações quanto à emissão da água para a planta; no caso de microirrigação e gotejamento, a tubulação e os emissores apresentam diâmetros inferiores ao sistema de aspersão, sendo necessárias a instalação de filtros e a utilização de água com maior grau de pureza.

2 Necessidade de água na produção de hortaliças-fruto (solanáceas e curcubitáceas)

Toda água necessária para o desenvolvimento das plantas é obtida do solo, em sua forma líquida, e com ela todos os nutrientes disponíveis são obtidos por meio das partes terminais do sistema radicular ou dos pelos radiculares. Isso ocorre devido à existência de um gradiente de energia desde a atmosfera até o solo, em que a água se move do maior para o menor potencial.

Da água absorvida, a planta retém cerca de 1%, sendo o restante transferido para a atmosfera, em forma de vapor, pela transpiração. A água também se perde diretamente para a atmosfera por meio da evaporação do solo e da superfície vegetal molhada. A esse processo de perda conjunta de água do solo e da planta para a atmosfera dá-se o nome de evapotranspiração. A taxa de evapotranspiração depende da espécie vegetal, da fase de desenvolvimento da planta, do tipo desolo e, principalmente, das condições climáticas predominantes. Dentre os fatores climáticos que influenciam o processo de evapotranspiração, destacam-se radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Existem diversos métodos de se avaliar a evapotranspiração de uma cultura, que podem ser enquadrados em duas categorias: diretos e indiretos. Nos métodos diretos, a evapotranspiração da cultura é determinada realizando-se um balanço de água no solo, com entradas (chuva e/ou irrigação) e saídas (drenagem, evaporação, transpiração, escoamento superficial). Para essa quantificação, utilizam-se lisímetros de pesagem, que são os mais precisos, os quais por sua vez, constituem-se de uma caixa enterrada ao nível do solo onde é registrado o peso de água que entra e sai, sendo possível coletar a água drenada, e por diferença, determinar a quantidade de água evapotranspirada pela cultura em estudo.

Em razão das dificuldades para a medição direta e precisa da evapotranspiração da cultura em nível de campo, os métodos indiretossão os utilizados para fins de manejo de irrigação. Esses são baseadosem dados climáticos. Várias equações, todas de alguma forma empíricas,têm sido desenvolvidas para estimar a evapotranspiração da cultura para períodos de uma hora, um dia e um mês. As equações mais simplesrequerem dados de temperatura média do ar e umidade relativa, como a de Ivanov e Hargreaves-Samani; enquanto as mais complexas e precisas, como a de Penman-Monteith, requerem informações com respeito à radiação solar, à temperatura, à umidade relativa e ao vento.

Evaporímetros, como o tanque deevaporação do tipo classe A, também têm sido largamente empregadospara a determinação indireta da evapotranspiração da cultura. Naverdade, os métodos indiretos fornecem o que chamamos deevapotranspiração de referência, sendo a evapotranspiração da culturade interesse obtida por:

$$ET_C = K_C.ET_O \quad \text{Eq. 01}$$

em que:

ETc -evapotranspiração da cultura (mm d^{-1});

Kc - coeficiente de cultura (adimensional);

evapotranspiração cultura de referência - evapotranspiração do cultivo de referência (mm/dia).

Experimentalmente determinadas relações de ETc/ETo, chamados coeficientes de cultura (Kc), é usado para relacionar ETc com ETo.

Logo:

$$K_C = \frac{ET_C}{ET_O} \quad \text{Eq 02}$$

Os coeficientes de cultura são determinados empiricamente, a partir da medição direta da evapotranspiração da cultura em condições de campo, considerando as necessidades hídricas de cada espécie vegetal, nas suas diversas fases de desenvolvimento. Sempre que possível, devem ser determinados para condições de solo e de clima específicas.

O ideal no manejo da irrigação é a combinação de métodos. Na combinação do tensiômetro com o tanque Classe A, o tensiômetro é usado para determinar o momento da irrigação e checar as condições de umidade do solo, e o tanque Classe A para determinar a lâmina de água de reposição (CARRIJO et al., 1999).

2.1 Necessidade de água da Cultura do tomate

Necessidade hídrica de qualquer cultura é a quantidade de água por ela requerida, em determinado período de tempo do seu ciclo fenológico, de modo a não limitar seu crescimento, seu desenvolvimento e sua produção, nas condições climáticas locais, ou seja, é a quantidade de água necessária para atender a evapotranspiração da cultura.

O tomateiro é uma das hortaliças mais exigentes em água, com consumo acima da média. No fruto maduro do tomateiro, a água participa com 93% a 95% de sua constituição (SANTANA et al., 2011).

O ciclo do tomateiro pode ser dividido em três fases distintas. A primeira fase, que tem duração de quatro a cinco semanas aproximadamente, vai do transplante das mudas até o início do florescimento. A segunda fase tem duração de cinco a seis semanas, iniciando-se por ocasião do florescimento e terminando no início da maturação dos frutos. A terceira fase vai da maturação ao final da colheita. É importante conhecer o início e o término das fases, possibilitando uma melhor programação das adubações, a indicação de cada nutriente, bem como a quantidade de água a aplicar.

A necessidade hídrica total após o transplantio para a cultura do tomate é de 300 mm a 600 mm, dependendo do clima (EMBRAPA, 2003). A quantidade de água aplicada por irrigação deve ser suficiente para elevar o conteúdo de água no solo à capacidade de campo, na camada correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular que, de modo geral, é de 0,40 m (SANTANA et al., 2011), quanto atinge o pleno desenvolvimento.

Marouelli, Silva e Silva (2008) encontraram valores de Kc para a cultura do tomate e observaram valores próximos ao recomendado pela FAO, conforme Tabela 1.

Tabela 1 -Valores do coeficiente de cultura (Kc) para o tomateiro segundo FAO 56

Estádios de desenvolvimento	Dias do ciclo	Kc
Inicial	25	0,6
Vegetativo	33	1,15
Frutificação	38	0,70 – 0,90
Maturação	25	0,6

Fonte: Allen et al. (1998).

2.2 Necessidade de água da Cultura do Pepino

A cultura do pepino é altamente responsiva à oferta de água, garantindo a irrigação o aumento de produtividade.O consumo hídrico durante seu ciclo varia entre 340 mm a 380 mm de água, sendo maior consumo na fase de início de florescimento até a maturação dos frutos.

Na fase I, correspondente aos cinco dias depois da semeadura (DAS), a cultura, após a emissão das raízes, inicia o seu consumo hídrico propriamente dito. A fase II corresponde ao pleno estabelecimento da plântula e do desenvolvimento vegetativo, desde a emissão dos cotilédones e o início do processo fotossintético, até o estabelecimento da copa vegetal e início do processo reprodutivo. Nesta fase, há um intenso desenvolvimento do sistema radicular que cresce e se ramifica para explorar os nutrientes e a água do solo com profundidade efetiva de 30 cm.

Na fase III, inicia-se o processo reprodutivo e vai até o início da maturação; durante essa fase, a cultura demanda muita água para nutrir a planta e acumular reservas nos frutos. Simultaneamente, ainda acontece um lento crescimento vegetativo, emissão de flores e crescimento dos frutos. Menezes et al. (2017) verificaram aumento rápido do Kc após o início do florescimento, chegando ao valor de 1,50 no período de colheita. Finalizando o acúmulo de reservas nos frutos, a planta entra na última fase de seu ciclo. Nesta fase, a demanda hídrica da planta tem atingido o seu máximo e tende a decrescer lentamente, diminuindo também os valores de Kc. Isso ocorre pelo fato de a maturação dos frutos acontecer em momentos diferentes e, mesmo que ocorra a senescência das folhas, a demanda por água continua, para nutrir os frutos que não atingiram o estado de maturidade.

Tabela 2 - Evaporação do tanque Classe A (ECA), valores médios adotados de Kc e lâmina de irrigação aplicada para diferentes intervalos de dias após o transplantio (DAT)

DAT	Kc adotado	ECA	Lâmina de Irrigação no período	
			L1 mm	L2 mm
19-32	0,92	28,56	22,29	27,86
33-46	1,22	20,02	24,12	30,15
47-60	1,54	15,82	24,17	30,21
61-74	1,50	20,02	30,31	37,89
75-88	1,54	16,10	24,96	31,20
89-102	1,52	27,86	39,53	49,41
103-114	1,54	21,96	32,75	40,94
Total	-	150,34	198,13	247,66

Fonte: Blanco e Folegatti (2002).

2.3 Necessidade de água da Cultura do Pimentão

Para que o manejo de irrigação seja realizado com eficiência, utilizam-se lâminas de água embasadas em coeficientes de cultivo condizentes com as reais necessidades hídricas demandadas pelas condições de cultivo (GOMES et al., 2010). Doorenbos e Kassam (1994) afirmam que o clima é um fator dos mais importantes na determinação das necessidades hídricas de uma cultura, de modo que se obtenham crescimento e rendimentos ótimos, sem que haja quaisquer limitações.

As necessidades hídricas das culturas são normalmente expressas mediante a taxa de evapotranspiração (ET), em mm d^{-1}. Os coeficientes de cultivo (Kc), determinados empiricamente, podem ser utilizados para relacionar a evapotranspiração de referência (ETo) com a evapotranspiração máxima da cultura (ETc), isso quando o suprimento de água atende plenamente às necessidades hídricas de cada cultura, e seu valor varia com a cultura, com seu estágio de desenvolvimento e, dentro de certo limite, varia também com a velocidade do vento e a umidade relativa do ar.

Segundo Lima et al. (2006), o pimentão é bastante susceptível a deficiências hídricas, resultando em crescimento reduzido e desuniformidade dos frutos. Assim, a suplementação de água por meio da irrigação na cultura do pimentão constitui-se em um fator de aumento de produtividade e diminuição de riscos, influenciando a qualidade e a quantidade dos frutos. O estágio mais sensível à escassez de água por essa cultura corresponde ao início da floração, devendo o solo se manter próximo a 80% da sua capacidade de armazenamento na profundidade do sistema radicular que atinge até 70 cm. Doorenbos e Kassam (1994) citam que a necessidade hídrica da cultura do pimentão é da ordem de 600 mm a 900 mm, podendo chegar a 1.250 mm para períodos longos de crescimento.

No entanto, Dalmago et al. (2003), trabalhando com a cultura do pimentão (Híbrido VIDI F1) em ambiente protegido, encontraram evapotranspiração, por meio de lisímetros, de 136 mm, e esse baixo valor de ETc registrado foi explicado pelo curto período de duração do experimento e pela condução em estufa.

Já Lima et al. (2006), estudando a cultivar de pimentão Yolo em casa-de-vegetação, verificaram um consumo total de água de 1.232,8 mm para um ciclo de 115 dias, sendo a ETc média diária de 10,7 mm d^{-1} em Recife, Estado do Pernambuco.

Tabela 3 -Valores do Kc para cultura do pimentão em seus diferentes estádios fenológicos

Estádio de desenvolvimento	Duração (dias)	Kc FAO
Inicial	25	0,4
Vegetativo	35	0,7
Frutificação	45	1,05
Maturação	15	0,85

Fonte: Allen et al. (1998).

2.4 Necessidade de água da Cultura do Melão

Pesquisas realizadas para a cultura do melão afirmam que sua exigência hídrica é atendida com uma lâmina de 500 mm de água ou atendendo 80 % a 95 % da ETo.

A água do solo é um fator essencialmente importante para suprir as necessidades hídricas durante as diversas fases fenológicas da planta e seu consumo varia em função de seu desenvolvimento,

atingindo valores máximos nas fases de floração e de frutificação, quando a profundidade efetiva do sistema radicular atinge seu máximo com 30 cm a 50 cm.

A classificação das diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro seguem a metodologia proposta por Allen et al. (1998): I) estádio inicial – do plantio até 10% de cobertura do solo; II) estádio de desenvolvimento – 10% de cobertura até a cobertura total; III) estádio intermediário – do estabelecimento da cobertura até o início do amadurecimento dos frutos; IV) estádio final – da maturação à colheita.

Tabela 4 -Valores de Kc para cultura do melão em seus diferentes estádios fenológicos

Estádio de desenvolvimento	Duração (dias)	KcPenman	Kc FAO
I	21	0,54	0,20
II	18	0,84	0,20 - 1,05
III	18	0,60	1,05
IV	5	0,66	0,70

Fonte: Allen et al. (1998).

2.5 Necessidade de água da Cultura da Melancia

Para o cálculo dos Kc's médios, o ciclo da cultura é dividido em quatro fases fenológicas, definidas da seguinte forma: I) fase inicial– do plantio até 10% de cobertura do solo; II) fase de crescimento – do final do estádio inicial até 80% de cobertura do solo; III) fase intermediária – de 80% de cobertura do solo até o início da maturação dos frutos; IV) fase final – do início da maturação até a colheita dos frutos.

Tabela 5 - Valores médios de coeficientes de cultura (Kc) por estádios fenológicos da melancieira obtidos nesta pesquisa

Estádio de desenvolvimento	Kc palha	Kc solo	Kc[1]	Kc[2]	Kc[3]
I. Inicial	0,23	0,27	0,38	0,39	0,20
II. Crescimento	0,52	0,57	0,52	-	-
III. Intermediário	1,28	1,36	0,98	1,31	1,05
IV. Final	0,56	0,61	0,59	0,70	0,75

Fonte: Carvalho, Bezerra e Carvalho (2007) para o híbrido triploide Honey Ball[1]. Miranda, Oliveira e Souza (2004) para a cultivar Crimson Sweet, através de lisimetria de pesagem[2]. Allen et al. (2006)[3].

3 Monitoramento da umidade do solo

A eficiência da irrigação depende principalmente do correto monitoramento da umidade do solo e consequentemente do manejo da irrigação.Esse monitoramento pode ser via clima, em que a reposição da água consumida pela cultura é medida pelo balanço hídrico que considera todos os fluxos de água que entram e saem do volume de solo explorado pelas raízes. A irrigação, a

precipitação e a ascensão capilar são os componentes de entrada no balanço hídrico, e as perdas por percolação profunda, escoamento superficial e consumo de água pelas plantas (evapotranspiração) são os componentes de saída.

O manejo de irrigação via solo considera a umidade do solo onde o sistema radicular da cultura está se desenvolvendo e pode ser feito usando tensiômetros, que requerem manutenção adequada e frequente.

Outros métodos compreendem sensores eletrométricos e por dissipação térmica, sonda de nêutrons, TDR (reflectometria no domínio do tempo), tomografia computadorizada e atenuação de raios gama.

Em relação à quantidade de água, diversos trabalhos vêm sendo conduzidos para estabelecer técnicas de manejo da irrigação. Muitos determinam a quantidade ideal em função da lâmina evaporada do tanque classe A, ou do valordo potencial matricial limite e outros em função do valor de Kc (MARTINS et al., 2007).

3.1 Capacidade de campo e ponto de murcha permanente

A técnica de irrigação depende de uma boa relação entre a estimativa da disponibilidade da água no solo e a habilidade das plantas em utilizar a água armazenada no solo.

A água disponível no solo para as culturas é considerada como o intervalo entre os valores de umidade na capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP). Em laboratório, a umidade na CC pode ser determinada utilizando-se funis de Büchner, mesa de tensão e sistema de câmara de pressão de Richards.

Na literatura, encontram-se indicações de que a CC é a água retida a um potencial mátrico (Ψm) de -0,033 MPa para solos argilosos (COLMAN, 1947) e de -0,01 MPa para solos de textura grosseira (CASSEL; NIELSEN, 1986). Contudo, para solos arenosos, segundo Rivers e Shipp (1978), a CC ocorre em um potencial de água ainda maior, ou seja, igual a -0,0067 MPa.

O ponto de murcha permanente (PMP) é atingido quando a umidade do solo proporciona a murcha irreversível das plantas e não há mais a recuperação da turgescência das folhas,quando as plantas são colocadas em um ambiente escuro e saturado de umidade (BRIGGS; SHANTZ, 1912).

Richards e Weaver (1943) determinaram a umidade no PMP pelo método do laboratório e pelo método fisiológico e observaram que o Ψm de -1,5 MPa correspondeu ± 1,5% de teor de água gravimétrica, obtido pelo método fisiológico, em mais de 100 solos testados. A partir desses resultados, indicaram que a determinação em laboratório da umidade ao Ψm de -1,5 MPa é uma maneira prática de se determinar o limite inferior de disponibilidade de água às plantas. Contudo as plantas podem atingir o PMP a potencial mátrico do solo dentro da ampla faixa entre -0,8 e -3 MPa, conforme citado por Klein, Reichert e Reinert (2006). Já em um estudo usando melão como planta indicadora em Neossolo Quartzarênico, Costa et al. (2009) encontraram maior umidade do solo no PMP significativamente determinado pelo método fisiológico comparado pela retenção de água no Ψm de -1,50 MPa, o que indica ser a cultura do melão sensível ao estresse hídrico.

Arbitrariamente, assume-se, em geral, que a capacidade de campo ocorre quando o potencial matricial é de –33 kPa, e que o ponto de murcha permanente corresponde a um potencial matricial de –1500 kPa.

3.2 Armazenamento da água do solo

O solo é armazenador e fornecedor de água e nutrientes às plantas. Por fenômenos de adsorção e capilaridade, ele retém, entre uma chuva e outra, a umidade de que as plantas necessitam.

Dependendo do conteúdo de água no solo, as plantas terão maior ou menor facilidade em extrair água e, portanto, de atender às suas necessidades. À medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorver água. Isso porque vai aumentando a força de retenção, enquanto diminui a disponibilidade hídrica no solo. Por isso, nem toda água que o solo consegue armazenar está disponível às plantas.

O teor de água disponível no solo é definido como sendo a diferença entre o teor de água no limite superior de umidade ou capacidade de campo (CC) e o teor de água no limite inferior de umidade ou ponto de murchamento permanente (PMP) (REICHARDT, 1985). Esse parâmetro é afetado pelas características do solo, como o teor de matéria orgânica, microporosidade, percentagem e tipos de minerais encontrados na fração argila (COSTA; NANNI; JESKE, 1997).

A água disponível às plantas tem uma grande dependência das características de retenção da água no solo que, por sua vez, está relacionada às características físicas do solo. Assim, em solos arenosos, a disponibilidade de água para as plantas é relativamente menor que em solos com maior teor de argila, o que torna os cultivos realizados nestes tipos de solo mais susceptíveis ao déficit hídrico. A capacidade de água disponível no solo (CAD) pode ser definida como a quantidade máxima de água que o solo pode armazenar na profundidade explorada pelo sistema radicular da planta, sendo calculada pela expressão:

$$CAD = (CC - PM).Z \qquad \text{eq. 03}$$

em que:

CAD - capacidade de água disponível no solo, mm;

CC - umidade do solo na capacidade de campo, $m^3 \ m^{-3}$;

PMP - umidade do solo no ponto de murcha permanente, $m^3 \ m^{-3}$;

Z - profundidade efetiva do sistema radicular, mm.

3.3 Tensiômetro

O tensiômetro, geralmente, é construído de tubo de PVC rígido de diâmetro ½", onde, em uma das extremidades, é acoplada uma cápsula cerâmica porosa e, na outra extremidade, apresenta rosca em que será instalado um tampão e rolha que permita vedação da parte superior do tubo, e também será instalado, na parte superior, mas um pouco abaixo do tampão, um vacuômetro que permitirá medir a tensão da água no solo.

Após finalizada a construção, o tensiômetro será levado para o campo para instalação no solo onde está sendo cultivada a cultura em que será efetuado o controle da irrigação.

Para que o sistema funcione, o tubo deverá estar completamente cheio de água e, antes de iniciar a instalação e a operação, devemos deixar o tensiômetro, isto é, a parte inferior, dentro de recipiente com água, para que cápsula porosa absorva a água e elimine o ar de seus poros.

Após irrigação ou chuva em campo aberto, inicia-se o processo de transferência da água do solo para atmosfera; em razão disso a umidade do solo irá reduzindo e a tensão da água retida no solo reduz,sendo o valor,dessa tensão indicado pelo vacuômetro instalado no tubo de PVC. Ao atingir o valor pré-definido para iniciar a irrigação, o sistema de irrigação deverá ser ligado para aplicar a lâmina necessária.

Cessada a irrigação, a água que está no solo em tensão superior à do interiordo tensiômetro irá movimentar-se para o interior do tubo através da cápsula, fazendo que haja uma redução no valor acusado no vacuômetro.

Os tensiômetros mais utilizados na agricultura são os de vacuômetro metálico tipo Bourdon, pela facilidade de operação e custo de aquisição.

Como regra geral, podemos considerar as seguintes faixas de tensão matricial de água no solo:

- 0-10 kPa – Solo próximo à saturação. Leituras contínuas nessa faixa indicam irrigações em excesso, perda de água por drenagem profunda e deficiência de aeração para as raízes.
- 10-20 kPa – Solo com excelente condição de umidade e boa aeração. Faixa de tensão indicada para hortaliças altamente sensíveis ao déficit de água, solos arenosos e/ou irrigação por gotejamento.
- 20-40 kPa – Solo com boa condição de umidade e excelente aeração. Faixa de tensão indicada para hortaliças sensíveis ao déficit de água.
- 40-70 kPa – Solo com limitada condição de umidade e excelente aeração. Faixa de tensão indicada para hortaliças com tolerância moderada ao déficit de água.
- > 70 kPa – Solo com baixa disponibilidade de água e excelente aeração. Fora do limite de funcionamento de tensiômetro. Condição indicada apenas para hortaliças altamente tolerantes ao déficit de água e/ou estádios definidos de desenvolvimento de culturas específicas.

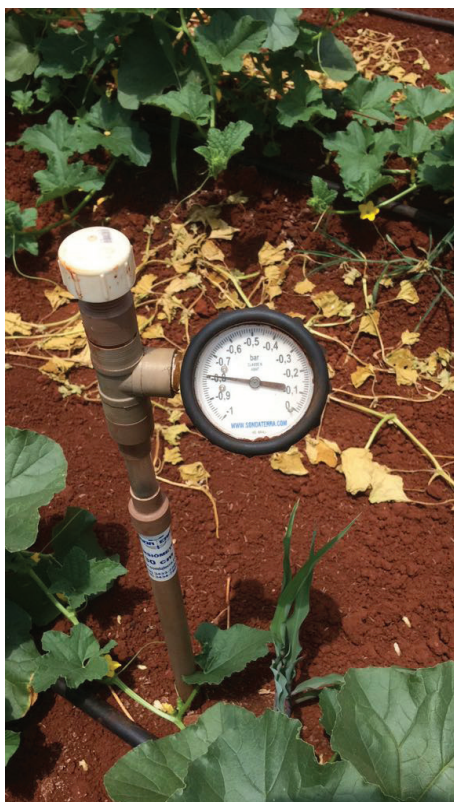



Figura 1 - Tensiômetro instalado na cultura do pepino.

Fonte: Os autores.

Calculo da lâmina de irrigação

Para utilizarmos o tensiômetro no controle da irrigação, precisamos de algumas informações. Para calcularmos a lâmina da água a ser reposta ao solo,é necessário saber, como, por exemplo, as características fisco-hídricas do soloe as características da planta.

$$\theta = \theta_R + (\theta_S - \theta_R)\left[\frac{1}{1+(\alpha.\Psi_m)^n}\right]^m \quad \text{eq. 04}$$

O modelo de Van Genuchten (1980) apresentado na equação 04

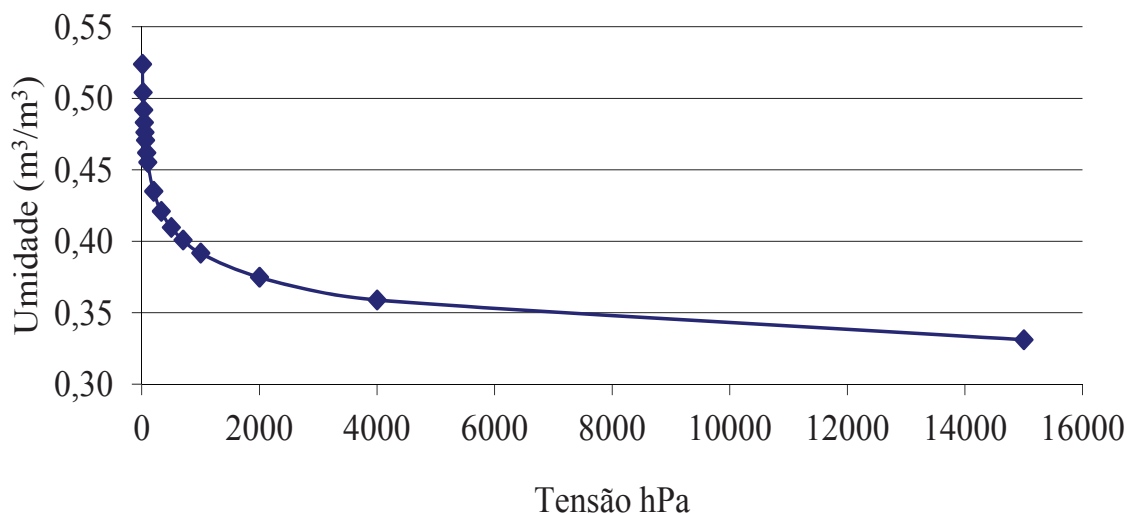



Figura 2 - Gráfico da tensão da água no solo realizado em laboratório para um Nitossolo.
Fonte: Blainski (2007).

Blainski (2007) ajustou o modelo apresentado na equação 04, considerando que a umidade do solo na capacidade de campo foi de 0,47 m^3 m^{-3}para o Nitossolo vermelho distroférrico, com a seguinte composição granulométrica do solo:areia 175 g kg^{-1}, silte 90 g kg^{-1} e argila 735 g kg^{-1}.Na cultura do tomateiro com sistema radicular determinado em experimento realizado em condições de casa de vegetação, em um solo com essas características, calculou-se a lâmina a ser reposta utilizando a equação 05.

$$L = (\theta_{CC} - \theta_{tensao}).Z.\frac{PW}{100} \quad \text{eq. 05}$$

Em que:

L -lâmina da água a ser aplicada ao solo em cada irrigação, mm;

θ_C - umidade na Capacidade de campo, m^3 m^{-3};

θ_{tensao} -Umidade do solo na tensão em que se deveiniciar irrigação, m^3 m^{-3};

Z - Profundidade efetiva do sistema radicular, mm.

Pw- porcentagemde área molha, %.

Com o exemplo para cultura do tomateiro instalado em Nitossolo, com características físico-hídricas, em que a capacidade de campo 0,47 m^3 m^{-3} e a tensão da água no solo recomendada para iniciar uma nova irrigação é de 40 kPa (MAROUELLI; SILVA, 2002), então a umidade, de acordo com a curva de retenção apresentada na Figura 2, será:

$$\theta = 0{,}105 + \left[\frac{0{,}57 - 0{,}105}{1 + (0{,}2453.\Psi_m)^{1{,}0878}}\right]^{0{,}0807} \quad \text{eq. 06}$$

Transformando a tensão de kPa para hPa, multiplicamos pelo fator 10, então 40 kPa é equivalente á tensão de 400 hPa.

$$\theta = 0{,}105 + \left[\frac{0{,}57 - 0{,}105}{1 + (0{,}2453x400)^{1{,}0878}}\right]^{0{,}0807} = 0{,}416\, m^3 \;\; m^{-3} \qquad \text{eq 07}$$

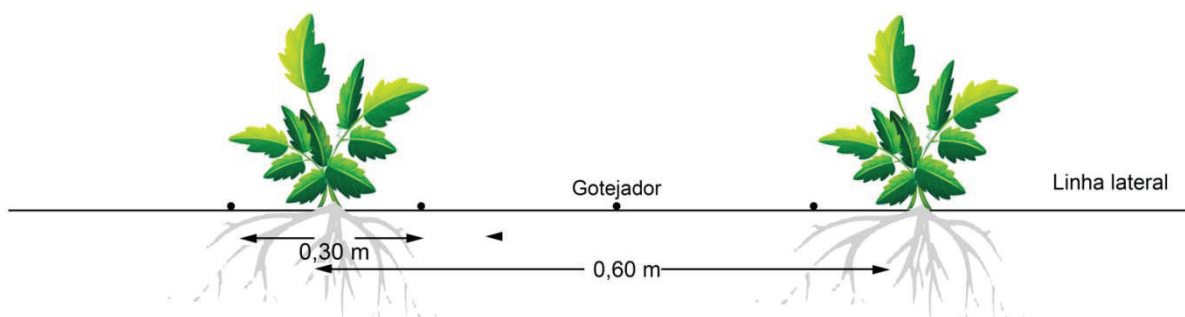



Figura 3 - Esquema da disposição dos gotejadores em linha lateral.
Fonte: Os autores.

Para se calcular o tempo de irrigação, considerou-se o espaçamento entre plantas de 0,6 m e 1,0 m entre fileiras e sistema de irrigação por gotejamento comgotejadores espaçados de 0,3 m apresentando uma vazão de 1,2 L h^{-1}.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), para uma linha lateral de emissores por fileira de planta, a porcentagem de área molhada pode ser calculada pela equação 07.

$$PW = NEP.\frac{S_E.W}{S_P.S_f}.100 \qquad \text{eq. 08}$$

Em que

NEP - Número de emissores por planta;

S_e - Espaçamento entre emissores, m;

S_p - Espaçamento entre plantas, m;

S_f - Espaçamento entre fileiras de plantas, m;

W - Diâmetro molhado por emissor, m.

$$PW = 2.\frac{0{,}3x0{,}3}{0{,}6x1{,}0}.100 = 30\%$$

Utilizando a equação 05, para calcularmos a lâmina a ser aplicada,

$$L = (0{,}47 - 0{,}416)x300\frac{30}{100} = 4{,}86 \;\; mm$$

Considerando eficiência de aplicação de 90%, a lâmina total a ser aplicada será

$$L_T = \frac{4{,}86}{0{,}9} = 5{,}4\, mm$$

O volume de água aplicado por planta será:

$$V_P = L_T.S_f.S_p$$

Vp - volume de água por planta, L.

$$V_P = 5{,}4x0{,}6x1{,}0 = 3{,}24\,L$$

Tempo de irrigação

$$T_I = \frac{V_P}{NEP.q_a} \quad \text{eq 09}$$

Em que

q_a - vazão do emissor L h^{-1}.

$$T_I = \frac{3{,}24}{2x1{,}2} = 1{,}2\ horas$$

3.4 Sondas TDR

Método da reflectometria no domínio do tempo (TDR) – Este método, conhecido pela sigla TDR, baseia-se no tempo de reflexão de pulsos elétricos propagados ao longo de uma sonda introduzida no solo. O princípio de medida da umidade do solo pela técnica TDR foi primeiramente introduzido por Davis e Chudobiak (1975) e implementado e validado por Topp, Davis e Annan (1980). A sonda, composta por duas hastes paralelas, atua como um guia de onda com o pulso elétrico se propagando no solo como uma onda plana. As hastes atuam como condutores e o solo como meio dielétrico. As constantes de propagação de ondas eletromagnéticas no solo dependem das propriedades deste, como umidade e condutividade elétrica.

As propriedades dielétricas do solo são influenciadas por sua umidade. Justamente pelo fato de a constante dielétrica da água (80,4 a temperatura 293 K) ser muito maior que a do ar (1,0 a temperatura 293 K) e dos constituintes minerais do solo (entre 3,0 e 7,0 a temperatura 293 K), a velocidade de propagação de uma onda de energia em hastes paralelas inseridas no solo é dependente do seu teor de água, possibilitando a monitoração da umidade do solo através das medidas de suas propriedades dielétricas. A técnica TDR determina a constante dielétrica do solo através da medição do tempo de propagação da onda eletromagnética no solo. O funcionamento da TDR para a determinação da umidade baseia-se na medida da velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas em uma guia de onda metálica (sonda) inserida no solo.

Por meio de uma correlação experimental entre a constante dielétrica medida com TDR e a umidade volumétrica do solo medida por gravimetria, pode-se utilizar atécnica de TDR para a determinação da umidade do solo. A umidade volumétrica (θ), embora seja dependente do tipo de solo, da densidade, da temperatura e do conteúdo de sal, é função da constante dielétrica (ε). Assim, um primeiro modelo de calibração empírico que relaciona θ e ε foi proposto por Topp, Davis e Annan (1980), equação (10):

$$\theta = -5{,}3 \times 10^{-2} + 2{,}9 \times 10^{-2}\varepsilon - 5{,}5 \times 10^{-4}\varepsilon^2 + 4{,}3 \times 10^{-6}\varepsilon^3 \quad \text{eq. 10}$$

Essa relação possui uma precisão de ± 0,01. Entretanto recomenda-se que seja realizada uma calibração local a fim de obter, com maior confiabilidade, valores de umidade do solo para manejo da irrigação (ANDRADE JÚNIOR; SILVA; COELHO, 2013). A equação (10) tem sido aplicada mostrando-se adequada para a determinação da umidade; entretanto têm-se verificado limitações quando utilizada para medição da umidade com TDR em solos com alto teor de matéria orgânica, solos expansivos, solos salinos e contendo minerais magnéticos, como a magnetita.

A técnica da reflectometria no domínio do tempo tem sido mundialmente utilizada para a determinação da umidade e condutividade elétrica dos solos, em substituição às técnicas de moderação de nêutrons e gravimétricas. As principais vantagens da TDR são a não utilização de radiação ionizante, a possibilidade de automação das análises, a multiplexação de diversas sondas em um único equipamento e a pouca influência da textura e da densidade do solo na determinação da umidade. Os solos altamente intemperizados, com presença de altos teores de óxido de ferro e minerais magnéticos e baixos teores de matéria orgânica podem influenciar a resposta da TDR.

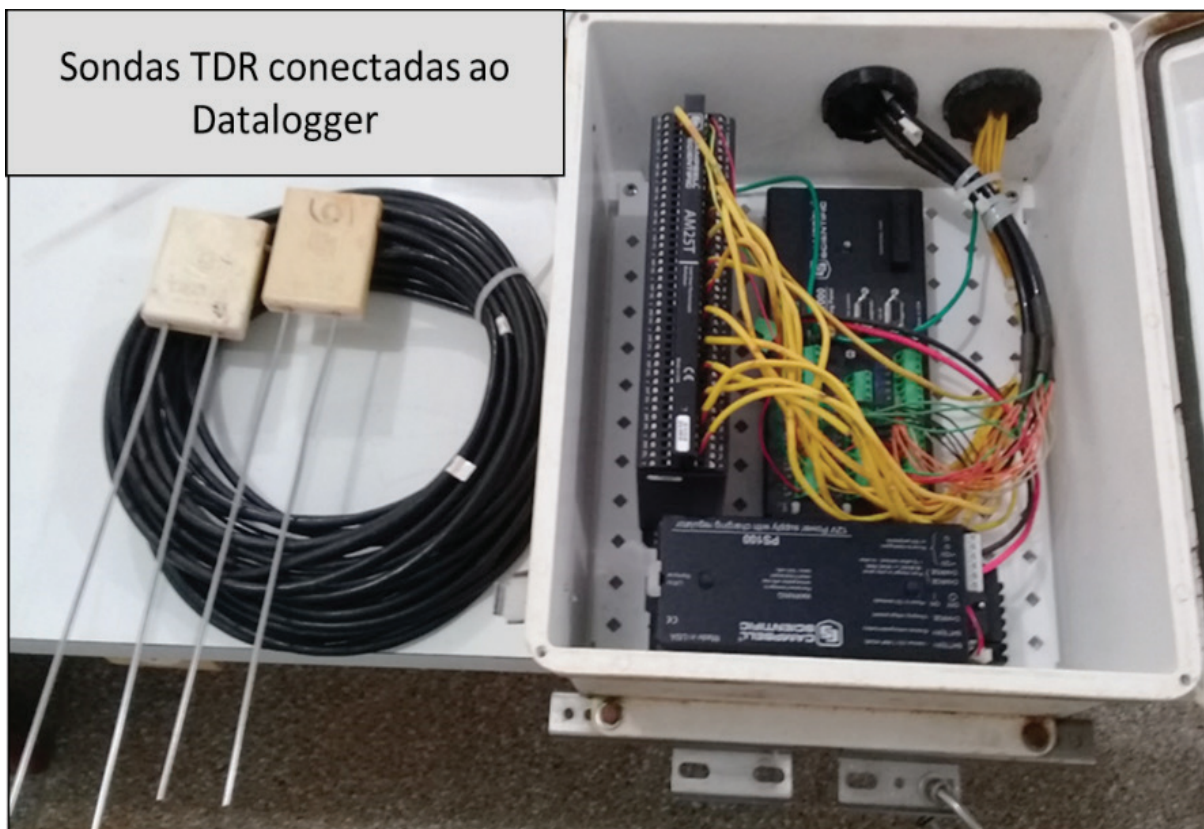



Figura 4 - Sensores TDR conectados ao Datalogger e bateria para armazenamento instantâneo da condutividade elétrica do solo.

Fonte: Os autores.

3.5 Tanque Classe A

O tanque de evaporação Classe A é circular, com 120,7 cm de diâmetro e 25 cm de profundidade. Ele é construído de ferro galvanizado (calibre 22) ou metal (0,8 mm). O tanque é montado sob uma plataforma de madeira de 15 cm sobre o nível do solo. O solo deve ficar 5 cm abaixo do fundo do tanque. O tanque deve estar em nível, cheio de água a 5 cm abaixo da borda, não podendo o nível de água abaixar mais do que 7,5 da borda. A água deve ser regularmente renovada, no mínimo semanalmente, para eliminar turbidez extrema. O tanque, se galvanizado, é pintado anualmente na cor alumínio. O tanque deve ser protegido por cercas altas para animais não beberem asua água. O terreno preferencialmente deve ser gramado, 20 m por 20 m, aberto por todos os lados para permitir livre circulação do ar. É preferível que seja localizado no centro da área ou o lado maior com cultura na direção dos ventos predominantes.

Apesar da diferença entre evaporação do tanque e evapotranspiração de superfícies com culturas, o uso de tanques para estimar ET_0 para períodos de 10 dias ou mais tempo pode ser utilizado. A evaporação de tanque é relacionada à evapotranspiração de referência por um coeficiente de tanque derivado empiricamente:

$$ETo = K_p . E_{pan} \quad \text{eq. 11}$$

Em que

ET_0 - evapotranspiração de referência mm d^{-1};

Kp - coeficiente de tanque [-];

Epan - evaporação de tanque mm d^{-1}.

Figura 5 - Dimensões e instalações do Tanque classe A pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso – Tangará da Serra: A – Parafuso Micrométrico; B – observação da ponta na superfície da água; C – Leitura em milímetro com decimal.

Fonte:Os autores.

Tabela 6 - Coeficiente de tanque (Kp) em função das condições ambientais

Vento (m s^{-1})	Caso A - Bordadura de grama				Caso B - Bordadura de solo nu			
	Bordadura (m)	RH média			Bordadura (m)	RH média		
		Baixa <40	Média 40-70	Alta >70		Baixa <40	Média 40-70	Alta >70
Fraco < 2	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 2 a 5	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 5 a 8	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte > 8	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

A partir dos dados apresentados na Tabela 6, Allen et al. (1998) ajustou a equação para ser utilizada em sistemas que, automatizados de aquisição de dados, usam recursos computacionais para fazer o manejo da irrigação.

$$K_P = 0{,}108 - 0{,}0286.U_2 + 0{,}0422.\ln(F) + 0{,}1434.\ln(URmed) -$$

$$-0{,}000631.[\ln(F)]^2.\ln(URmed) \qquad \text{eq. 12}$$

em que:

Kp - coeficiente do tanque, adimensional;

U_2 - velocidade do vento, m s^{-1};

URméd – umidade relativa média, %;

F - Distância do centro do tanque até extremidade da bordadura, m.

3.6 Métodos FAO

3.6.1 Método de Penman-Monteith

Os únicos fatores que afetam ET_0 são os parâmetros climáticos. Por conseguinte, ET_0 é um parâmetro climático e pode ser calculado utilizando dados climáticos. ET_0 expressa o poder evaporante da atmosfera em uma localidade específica e a época do ano e não considera as características da cultura e os fatores do solo. O método de Penman-Monteith FAO é recomendado como o método exclusivo para determinar ET_0. O método foi selecionado porque aproxima a ET_0 da grama à localidade avaliada, tem base física e explicitamente incorpora parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos. Além disso, foram desenvolvidos procedimentos para estimar parâmetros climáticos perdidos.

O método de Penman-Monteith FAO foi recomendado como o único método padrão para a definição e estimativa da evapotranspiração de referência. O método de Penman-Monteith FAO requer os parâmetros meteorológicos de radiação, temperatura e umidade do ar e dados de velocidade do vento.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \qquad \text{eq. 13}$$

Em que:

ET_0 - evapotranspiração de referência [mm d^{-1}];

R_n- radiação líquida à superfície de cultura [MJ m^{-2} d^{-1}];

G - densidade do fluxo de calor do solo [MJ m^{-2} d^{-1}];

T -temperatura do ar média diária a 2 m de altura [°C];

U_2- velocidade do vento a 2 m de altura [m s^{-1}];

e_s - pressão do vapor de saturação [kPa];

e_a- pressão do vapor atual [kPa];

es - ea- déficit de pressão do vapor de saturação [kPa];

Δ - declividade da curva de pressão do vapor [kPa °C^{-1}];

Γ - constante psicrométrica [kPa °C^{-1}].

Para condições de dados climáticos na Tabela7, dados medidos utilizando uma estação meteorológica automática instalada em casa de vegetação com cultivode tomate, calculam-se os valores da Et_0 apresentadas na Tabela 8.

Tabela 7 - Dados climáticos para estufas instaladas na área experimental do Departamento de Agronomia

Data	Tméd	Tmáx	Tmín	UR%	Vento(m/s)	Radiação(w/m^2)
19/08/16	19,7	26	16,7	86,3	0,1	79,7
20/08/16	18,9	22,7	17,9	94,6	0,0	38,6
21/08/16	15,7	19,9	10,8	81,9	0,1	124,1
22/08/16	12,2	22,6	7	69,9	0,0	109,5

23/08/16	15,7	25,4	10,5	59,1	0,0	152,1
24/08/16	18,5	26,7	12,8	62,0	0,0	126,4
25/08/16	23,6	31,5	17	56,9	0,0	162,7
26/08/16	23,5	31,1	19,7	55,5	0,0	125,9
27/08/16	20,4	22,9	18,2	52,2	0,0	24,6
28/08/16	19,8	23,3	16,8	47,9	0,0	0,2
29/08/16	21,9	25,1	19,6	67,0	0,0	34,3
30/08/16	17,9	19,6	14,7	88,4	0,0	23,8
31/08/16	16,0	22,4	13,1	76,8	0,0	134,8
01/09/16	17,9	26,5	11	66,2	0,0	146,6
02/09/16	19,4	26,9	14,9	64,4	0,1	112,2
03/09/16	19,6	23,9	17,4	73,6	0,0	87,2

Fonte: Os autores.

Tabela 8 -Valores de ETo calculados utilizando a equação de Penman-Montheit, Ivanov e Hargreaves-Samani para os dados climáticos da Tabela 7

Data	Penman-Montheit	Ivanov	Hargreaves
19/08/16	1,39	1,64	3,05
20/08/16	0,91	0,62	2,16
21/08/16	1,68	1,79	2,73
22/08/16	1,38	2,50	3,23
23/08/16	1,81	4,07	3,55
24/08/16	1,77	4,33	3,74
25/08/16	2,30	6,11	4,38
26/08/16	1,91	6,27	3,90
27/08/16	0,89	5,91	2,33
28/08/16	0,69	6,26	2,71
29/08/16	0,96	4,35	2,65
30/08/16	0,76	1,28	2,26
31/08/16	1,82	2,34	2,98
01/09/16	1,99	3,73	4,08
02/09/16	1,78	4,22	3,77
03/09/16	1,49	3,15	2,80

Fonte: Os autores.

3.6.2 Método de Ivanov

A equação de Ivanov foi utilizada por requerer apenas dados de temperatura e de umidade relativa do ar, os quais são de fácil obtenção, nas mais diversas regiões do território brasileiro, e altamente correlacionados com a evapotranspiração.

Os valores de ETc apresentados na Tabela 8 foram computados usando a equação de Ivanov (JENSEN, 1973) e os coeficientes de cultura adaptados de Maroueili, Silva e Silva (1996), Allen et al. (1998) e Simonne, Duker e Haman (2006), ou seja:

$$ETc = 0{,}006 \times (25 + Tm)^2 \times \left(1 - \frac{URm}{100}\right) \times Kc \qquad \text{eq 14}$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura (mm/d^{-1});

Tm - temperatura média do ar (°C);

URméd - umidaderelativa média do ar (%);

Kc - coeficientede cultura (adimesional).

3.6.3 Método de Hargreaves

O método de Hargreaves tem como objetivo obter a evapotranspiração de referência ET_0 baseado em poucos dados climáticos, como temperatura média, mínima e máxima mensal, e na radiação extraterrestre Ra.

$$ET_0 = 0{,}0023(T_{máx} - T_{mín})^{0{,}5}(T + 17{,}8)R \qquad \text{eq. 15}$$

Em que:

ETo - referência - evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

Tméd - temperatura média do mês (ºC);

Tmáx - temperatura máxima do mês (ºC);

Tmín - temperatura mínima do mês (ºC);

Ra - radiação extraterrestre (mm/d^{-1}).

Pode-se observar, na Tabela 8, que os valores da Evapotranspiração da Cultura de Referência também foram constatados por outros autores, como Gonçalves et al. (2009), que compararam algumas equações e observaram que a equação de Hargreaves-Samani apresentou resultado bom, enquanto a de Ivanov apresentou desempenho sofrível.

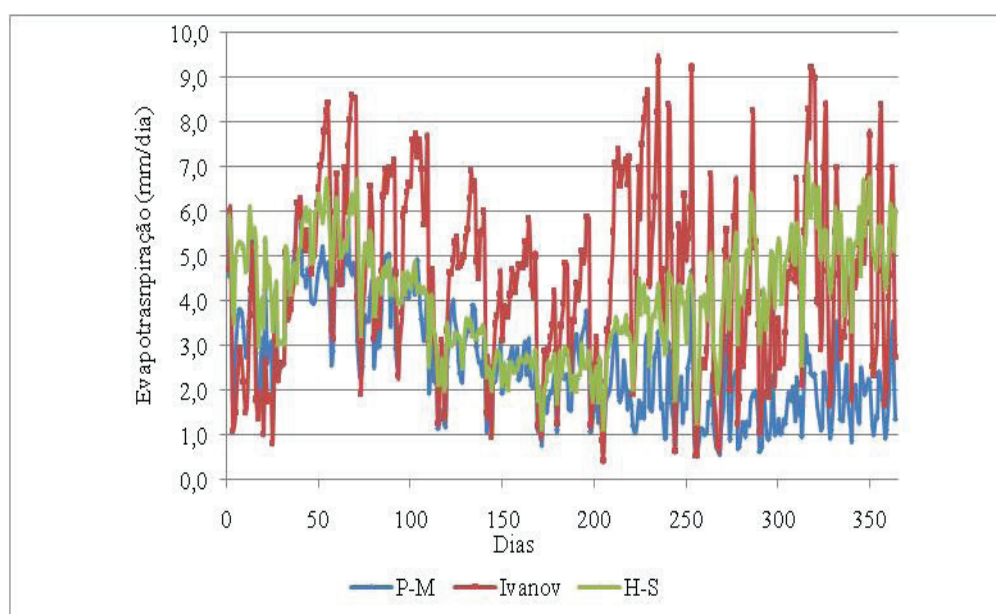



Figura 5 - Evapotranspiração de referência calculada para ano de 2005, Maringá- PR.

Fonte: Os autores.

A soma dos valores da evapotranspiração da cultura de referência (ETo) calculada pelos métodos de Penman-Monteith, Ivanov e Hargreaves-Samani foi de 836, 1.466 e 1.495 mm d^{-1}, respectivamente.

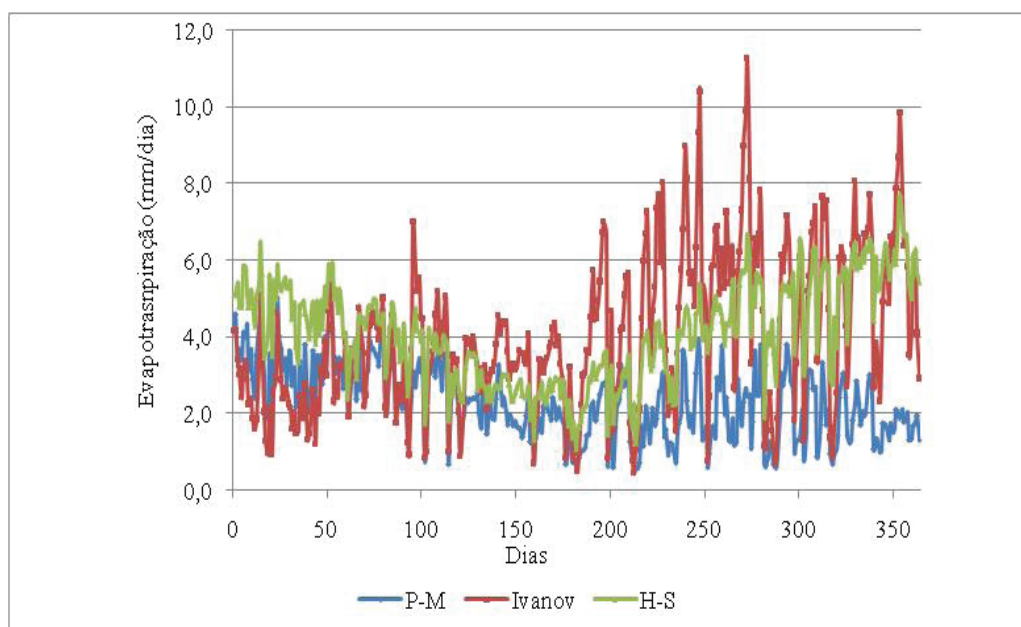



Figura 6 - Evapotranspiração cultura de referência(ETo) calculada para o ano de 2011, Maringá-PR.

Fonte: Os autores.

A soma dos valores da evapotranspiração da cultura de referência (ETo) calculada pelos métodos de Penman-Monteith, Ivanov e Hargreaves–Samani foi de 836, 1.466 e 1.495 mm d^{-1}, respectivamente, para ano de 2005, e para ano de 2011,foi de 930, 1.621 e 1.486 mm d^{-1}, respectivamente, destacando-se que, no ano de 2005, ocorreu o fenômeno de El nino e o ano de 2011 foi um ano neutro.

3.6.4 Evapotranspiração da cultura (ETpc)

Para calcularmos a evapotranspiração da cultura, utilizaremos o método descrito pela FAO, em que a evapotranspiração será multiplicada pelo coeficiente de cultura (Kc). O valor de Kc, para várias culturas, encontra-se determinado por pesquisadores brasileiros; quando não se encontram os valores determinados para as nossas condições, podemos utilizar os valores apresentados na Figura 3 para estádio inicial e a Tabela 3 para os demais estádios.

Utiliza-se a Figura 7 para determinar o Kc no primeiro estádio de desenvolvimento em razão de a cultura apresentar o baixo valor de IAF (índice área foliar) que proporciona grande área de solo exposta à radiação solar, que torna a evaporação da água do solo o maior componente da evapotranspiração. A evaporação da água do solo depende da frequência de umedecimento do solo.

$$ETpc = ETO.Kc \qquad \text{eq. 16}$$

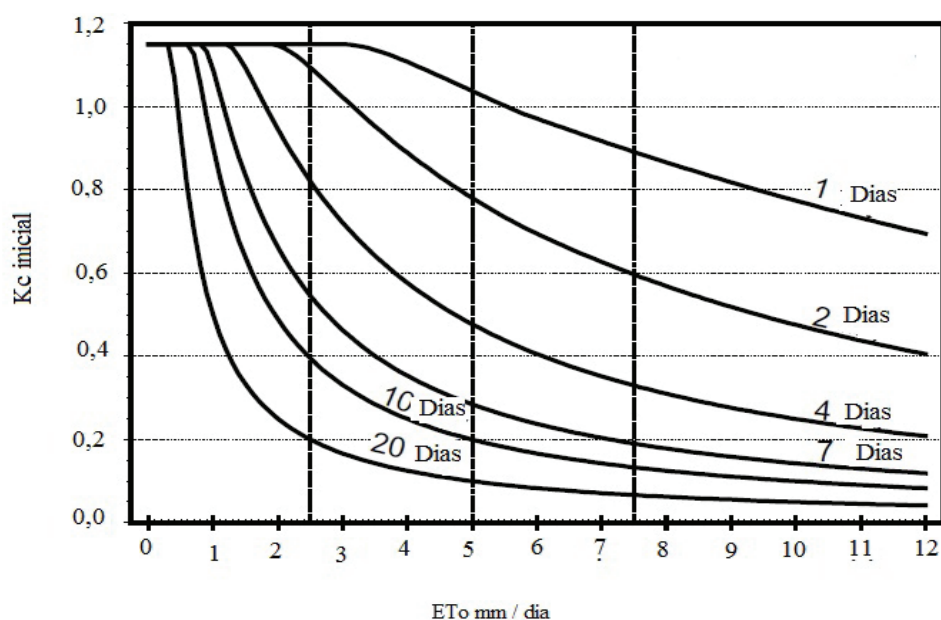



Figura 7 - Valores médios de Kc para fase inicial.
Fonte: Allen et al. (1998).

Tabela 9 - Valores de Coeficiente de Cultura para condições de cultura não estressada

Crop	Kc inic	Kc mid	Kc end	Maxi Crop Height(h)(m)
VegetaisFamília (Solanaceae)	0,6	1,15	0,80	
Berinjela		1,05	0,90	0,8
Pimentão		1,05	0,90	0,7

Tomate		1,15	0,70-0,90	0,6
VegetaisFamília (Cucurbitaceae)	0,5	1,00	0,80	
Pepino	0,6	1,00	0,75	0,3
Abobrinha		0,95	0,75	0,3
Melão		1,05	0,75	0,4
Melancia	0,4	1,00	0,75	0,4

Fonte: Allen et al. (1998).

Considerando o exemplo anterior do cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) para dia 25 de agosto de 2016, em que valor calculado utilizando a equação de Penman-Montheith foi de 2,30 mm d^{-1}, quando a cultura do tomateiro estava na fase inicial(primeiro estádio), o valor de Kc obtido foi de 1,18.

Como no exemplo apresentado, a irrigação é realizada por meio de um sistema de irrigação localizada, molhando fração da área; neste caso, para determinação da Kc inicial de acordo com metodologia apresentada no Boletim FAO (56), utiliza-se a equação 16.

$$K_{inicial} = F_W . Kc \text{ (da Figura 3)} \qquad \text{eq.17}$$

Em que

F_w- Fração do solo molhada, decimal.

Considerando uma fração de 30% molhada no caso de irrigação por gotejamento,o valor do kC inicial será:

$$K_{inicial} = 0,3 \text{ x } 1,18 = 0,354$$

Utilizando a equação 16

$$ETpc = ETO.Kc = 2,3x0,354 = 0,812\, mm\, d^{-1}$$

Considerando eficiência de aplicação de 90%, a lâmina total a ser aplicada será:

$$L_T = \frac{0,812}{0,9} = 0,9\ mm$$

O volume de água aplicado por planta será:

$$V_P = L_T .S_f .S_p$$

Vp - volume de água por planta, L.

$$V_P = 0,9x0,6x1,0 = 0,54\ L$$

Tempo de irrigação

$$T_I = \frac{V_P}{NEP.q_a} \qquad \text{eq. 18}$$

Em que

qa - vazão do emissor L h^{-1}.

$$T_I = \frac{0,54}{2x1,2} = 0,226\ horas = 13,57\min$$

Este seria o tempo de irrigação a ser realizado para no dia 26 de agosto de 2016, considerando as condições climáticas para o dia 25 de agosto de 2016.

Caso a irrigação não seja diária, utilizando a equação

$$L = (\theta_{CC} - \theta_{tensao}) Z.f.\frac{PW}{100} \qquad \text{eq. 19}$$

Em que

F- fator de disponibilidade, obtido da Tabela 10

Tabela 10 - Fator de disponibilidade de água no solo (f) de acordo com grupos de culturas e evapotranspiração da cultura (ETc)

Grupo	Culturas
1	Cebola, Pimenta, Batata
2	Banana, Repolho, Uva, Ervilha, Tomate
3	Alfafa, Feijão, Cítricas, Amendoim, Abacaxi, Girassol, Melancia, Trigo
4	Algodão, Milho, Azeitona, Açafrão, Sorgo, Soja, Beterraba, Cana de açúcar, Fumo

Grupo da Cultura	ETc (mm/dia)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,500	0,425	0,350	0,300	0,250	0,225	0,200	0,200	0,175
2	0,675	0,575	0,475	0,400	0,350	0,325	0,275	0,250	0,225
3	0,800	0,700	0,600	0,500	0,450	0,425	0,375	0,350	0,300
4	0,875	0,800	0,700	0,600	0,550	0,500	0,450	0,425	0,400

Fonte: Daker (1970).

Por exemplo: a cultura do tomateiro instalado em Nitossolo tem as seguintes características físico-hídricas:capacidade de campo 0,47 $m^{-3}m^{-3}$ e ponto de murcha permanente de 0,33 $m^{-3}m^{-3}$, e com a evapotranspiração da cultura de referência de 2,70 m d^{-1}, para o dia 19 de agosto,como pode ser observado na Tabela 11.

A partir dessas informações, pode-se obter o fator de disponibilidade na Tabela 10.A cultura do tomate está no grupo 2 e com o valor da evapotranspiração da cultura de referência de 2,7 mm d^{-1}. O valor do fator de disponibilidade de acordo com a Tabela 10 é 0,575. De posse desses valores, pode-se calcular a lâmina de água disponível no solo que poderá ser retirada pela planta sem causar redução no seu crescimento.

A cultura será irrigada por sistema de aspersão, a lâmina de água a ser retirada pela cultura será calculada pela equação 20.

$$L = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) Z . f \quad \text{eq. 20}$$

$$L = (0{,}47 - 0{,}33) \text{ x } 200 * 0{,}4 = 11{,}2\, mm$$

Tabela 11 - Dados climáticos do período de inverno no ano 2017, Maringá-PR

Data	ETo(Penman-Montheit)	ETc
19/08/17	2,70	3,10
20/08/17	3,11	3,58
21/08/17	3,65	4,20
22/08/17	4,02	4,63
23/08/17	4,31	4,95
24/08/17	5,54	6,37
25/08/17	5,20	5,98
26/08/17	5,36	6,16
27/08/17	5,56	6,40
28/08/17	6,21	7,14
29/08/17	5,53	6,36
30/08/17	4,07	4,68
31/08/17	5,32	6,12
01/09/17	4,98	5,73
02/09/17	5,33	6,13
03/09/17	5,85	6,72

Fonte: Os autores.

Como a evapotranspiração no período apresenta valores baixos, o intervalo entre irrigações poderá ser maior. Para a lâmina calculada anteriormente, cujo valor é 11,2 mm e a soma da evapotranspiração da cultura (ETc) no período de 19/08 a 22/08/2017 é de 10,88 mm, deveria irrigar no dia 23/08/2017.

Tabela 12 - Dados climáticos do período da primavera no ano 2017, Maringá-PR

Data	ETo(Penman-Montheit)	ETc
01/11/2017	6,07	6,98
02/11/2017	6,92	7,96
03/11/2017	6,00	6,90
04/11/2017	3,36	3,87
05/11/2017	3,55	4,09
06/11/2017	2,81	3,24
07/11/2017	5,57	6,41
08/11/2017	3,21	3,70
09/11/2017	4,85	5,58
10/11/2017	4,26	4,90
11/11/2017	6,07	6,98
12/11/2017	6,69	7,70
13/11/2017	6,72	7,73
14/11/2017	8,20	9,43
15/11/2017	7,70	8,85
16/11/2017	6,91	7,95

Fonte: Os autores.

Para outro período apresentado na Tabela 12, calculou-se também a lâmina de água a ser reposta ao solo, utilizando as seguintes condições: valor médio ETo de 5 mm d^{-1} para o período, cultura de tomate com comprimento de raízes de 20 cm, capacidade de campo de 0,47 m^3 m^{-3} e ponto de murcha permanente de 0,33 m^3 m^{-3}. O valor do fator de disponibilidade, de acordo com a Tabela 10, é 0,4. Utilizou-se a equação 20 e obteve-se como resultado o valor de lâmina de água a ser reposta ao solo de 11,2 mm.Como a soma da evapotranspiração da cultura (ETc) nos dias 01 e 02/11/2017 é de 14,94 mm, deveria irrigar no dia 03/11/2017, com lâmina de 14,94 mm, superior à recomendada para que não ocorresse estresse, para retornar a umidade do solo à capacidade de campo.

4 Principais sistemas de irrigação para solanáceas e cucurbitáceas

4.1 Aspersão

A irrigação por aspersão, assim como as outras, apresenta uma série de vantagens e de desvantagens específicas para cada cultura.Para todas as culturas, esse sistema proporciona maior umidade na parte aérea das plantas (propiciando ambiente favorável para fungos e doenças), dependendo do horário, maior evaporação da água e, consequentemente, menor eficiência no uso da água. Além de ser um sistema em que os emissores possuem maior vazão e maior impacto da água nas folhas, nas flores e nos frutos, causando, em alguns casos, danos mecânicos.

Esse sistema não é recomendado para culturas que apresentam arranjo de plantas com espaçamento acima de 0,5 metros entre plantas, pois a irrigação atinge áreas onde o sistema radicular não está presente.

As vantagens, porém, são inúmeras, como menor exigência de filtros e água sem partículas sólidas, facilidade na instalação, sistema utilizado para outras culturas possibilitando a rotação de culturas e reuso da área.Em caso de geadas, são muito utilizados para evitar queima das folhas e danos à cultura e são viáveis em grandes áreas.

No caso da aspersão convencional, geralmente comtubulações móveis, deve ser observado o correto espaçamento entre as linhas laterais e os aspersores, o posicionamento dessas com relação à declividade do terreno e ventos predominantes, a pressão de serviço e a taxa de precipitação do sistema. As linhas laterais devem ser dispostas perpendicularmente à direção predominante dos ventos e, tanto quanto possível, em nível. Aspersores de impacto detamanho pequeno e médio (raio de alcance entre 12-20 m), espaçados de 12 m x 12 m, 12 m x18 m ou 18 m x 18 m, são comumente utilizados.

A pressão de serviço para tais condições deve variarentre 20 kPa e 300 kPa. Aspersores funcionando a pressões muito baixas produzem gotas grandes, o que prejudica a uniformidade de aplicação, pode provocar a lavagem de pólen, a queda de flores eafetar negativamente a produção final da cultura.

A taxa de precipitação do sistema de irrigação deve ser menor que a capacidade de infiltração de água pelo solo para não haver escoamento superficiale, consequentemente, erosão e baixa eficiência dairrigação. Quanto mais fina a textura do solo, menor deve ser a intensidade de aplicação de água dosistema. Para a maioria dos solos de textura média, precipitações entre 10 mm h^{-1} e 20 mm h^{-1} não provocam escoamento superficial de água.

4.2 Microaspersão

O sistema microaspersão é caracterizado por apresentar pressão operacional menor que 207 kPa, vazão de 20 a 100 L h^{-1} e diâmetro de alcance dos emissores variando de 1,5 m a 10 m (BOMAN, 1989).

Keller e Bliesner (1990) comentam que é recomendável, após a instalação de um sistema de irrigação, proceder-se a testes de campo, com o objetivo de se verificar a adequação da irrigação recomendando, quando necessário, ajustes na operação e, principalmente, no manejo. Esses procedimentos visam maximizar a eficiência do sistema. Para Bernardo (1995), a eficiência de aplicação é a estimativada percentagem do total de água aplicada na irrigação considerada útil às plantas. Em geral, a baixa eficiência nos projetos de irrigação está relacionada à desuniformidade de distribuição de água.

Dentre os sistemas de irrigação,a localizada apresenta maiores valores de eficiência de aplicação, da ordem de 80% a 90%.

O sistema de microaspersão é indicado para culturas que apresentem alto índice de enraizamento em que as raízes atinjam um raio acima de 0,5 metros e cujo espaçamento entre plantas seja maior que 0,5 metros. Esse sistema proporciona maior área irrigada na região de concentração das raízes independentemente do tipo de solo.

4.3 Gotejamento

Um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, o qual apresenta vantagens, como economia de água e energia, possibilidade de

automação e fertirrigação. Entretanto tal sistema de irrigação tem como uma das principais limitações o fato de ser susceptível ao entupimento de seus emissores. A sensibilidade ao problema varia com as características do emissor e com a qualidade da água utilizada, seja por causas físicas, químicas e/ou biológicas (CARARO, BOTREL, 2007).

A irrigação por gotejamento tem como principal característica baixa vazão e alta frequência de irrigação.Esse sistema requer manejo diferenciado quanto ao tipo de solo: em solos argilosos, o diâmetro do bulbo é maior que em solos arenosos, porém menor profundidade, contudo, para ambos os solos, deve-se calcular a velocidade de infiltração básica (VIB), para estabelecer uma vazão (L h^{-1}) adequada para cada tipo de solo.

4.4 Eficiência da Irrigação

Bernardo, Soares e Mantovani (2006) afirmam que a eficiência de aplicação é a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação considerada útil às plantas. Em geral, a baixa eficiência nos projetos de irrigação está relacionada à desuniformidade de distribuição de água. A eficiência de aplicação está correlacionada com a eficiência de distribuição e com a eficiência em potencial de aplicação, podendo inferir as perdas de água por percolação e por evaporação (FRIZZONE, 1992).

Dentre os sistemas de irrigação, a localizada apresenta maiores valores de eficiência de aplicação, da ordem de 80% a 90%, bem superiores às faixas de 60% a 80%, e de 50% a 70%, dos sistemas por aspersão e superfície, respectivamente (KELLER; BLIESNER, 1990).

Christiansen (1942) foi o primeiro pesquisador que estudou a uniformidade de distribuição da água para aspersores rotativos, determinando o efeito da pressão de serviço, do espaçamento, da rotação e da velocidade do vento sobre a distribuição da água; estabeleceu o parâmetro conhecido como coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), que é o coeficiente mais preciso e utilizado.

A eficiência de aplicação (EA) refere-se à relação entre o volume de água disponível para a cultura e o volume aplicado pelo emissor. Podem-se obter altos índices de eficiência empregando-se dimensionamento correto do sistema, equipamentos adequados e manejo racional da água. Nos sistemas de aspersão, de microaspersão e de gotejamento, os valores de EA variam normalmente de 80% a 90%. Isso quer dizer que entre 80% e 90% do volume de água aplicado ficará disponível para a planta.

Se a eficiência for baixa, haverá a necessidade de se aplicar um volume maior para compensar as perdas, significando um desperdício de água e de energia (CONCEIÇÃO, 2005).

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é obtido pela equação 21.

$$CUC = 100\{1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_{med})}{n.x_{med}}\} \qquad \text{eq. 21}$$

sendo:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

X_i - valores de precipitação, em mm;

$X_{méd}$ - média geral dos valores de precipitação, em mm;

n - tamanho da amostra.

Para o cálculo da eficiência de aplicação (EA) sob irrigação, pode-se utilizar a equação proposta por Merrian e Keller (1978):

$$EA = 0{,}9.CUC \quad \text{eq. 22}$$

A eficiência de irrigação na aspersão engloba a uniformidade com que a água é distribuída pelo sistema sobre a superfície do solo e das plantas e as perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento, ou seja, é função da uniformidade de distribuição e da eficiência de aplicação de água pelo sistema. Depende de fatores como sistema de irrigação, dimensionamento hidráulico, manutenção do sistema e condições climáticas.

Valores aceitáveis de eficiência de irrigação para sistemas convencionais estão entre 70 % e 80 %, para autopropelido, entre 65 % e 75 % e, para pivô central, entre 80 % e 90 %. Na prática, é comum encontrar sistemas de irrigação operando com eficiência muito abaixo do aceitável. A avaliação deve ser realizada, no mínimo, a cada dois anos, enquanto a manutenção do sistema deve ser realizada antes de cada safra.

Além de ser um dos principais parâmetros para avaliação do sistema de irrigação, a eficiência de irrigação é utilizada para o cálculo da lâmina total de água a ser aplicada por irrigação, para suprir as necessidades hídricas das plantas.

Existem, no mercado, empresas especializadas que prestam serviço para avaliação da uniformidade de distribuição de água, especialmente para sistemas de pivô central, e que realizam serviços de manutenção e de correções para solucionar possíveis problemas de baixa eficiência.

Tabela 13 - Eficiência e consumo de energia de diferentes métodos de irrigação

Método de irrigação	Eficiência de Irrigação (%)	Uso de Energia (kWh m^{-3})
Superfície	40 a 75	0,03 a 0,3
Aspersão	60 a 85	0,2 a 0,6
Microirrigação	80 a 95	0,1 a 0,4

Fonte: Marouelli e Silva (1998).

4.5 Exemplos de manejo de irrigação em solanáceas e cucurbitáceas

Tendo o conhecimento da cultura como o principal requisito para irrigação, procede-se àsrespostasdas questões: como? quando? e quanto irrigar? Para isso, devemos seguir alguns passos para o dimensionamento de um sistema de irrigação.

Exemplo 01:

Dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão na cultura da melancia no município de Maringá – PR.

Sistema radicular - 0,40 m

ET_0 - 5 mm d^{-1}

Kc máximo - 1,36

Altura máxima da cultura - 0,8 m

CC - 43 cm^3cm^{-3}

PMP - 34 $cm^3 cm^{-3}$

Ds - 1,25 cm^3 cm^{-3}

VIB - 6,2 L h^{-1}

Fator de disponibilidade 75%

Eficiência da irrigação 75%

Área a ser irrigada 200 x 150 metros

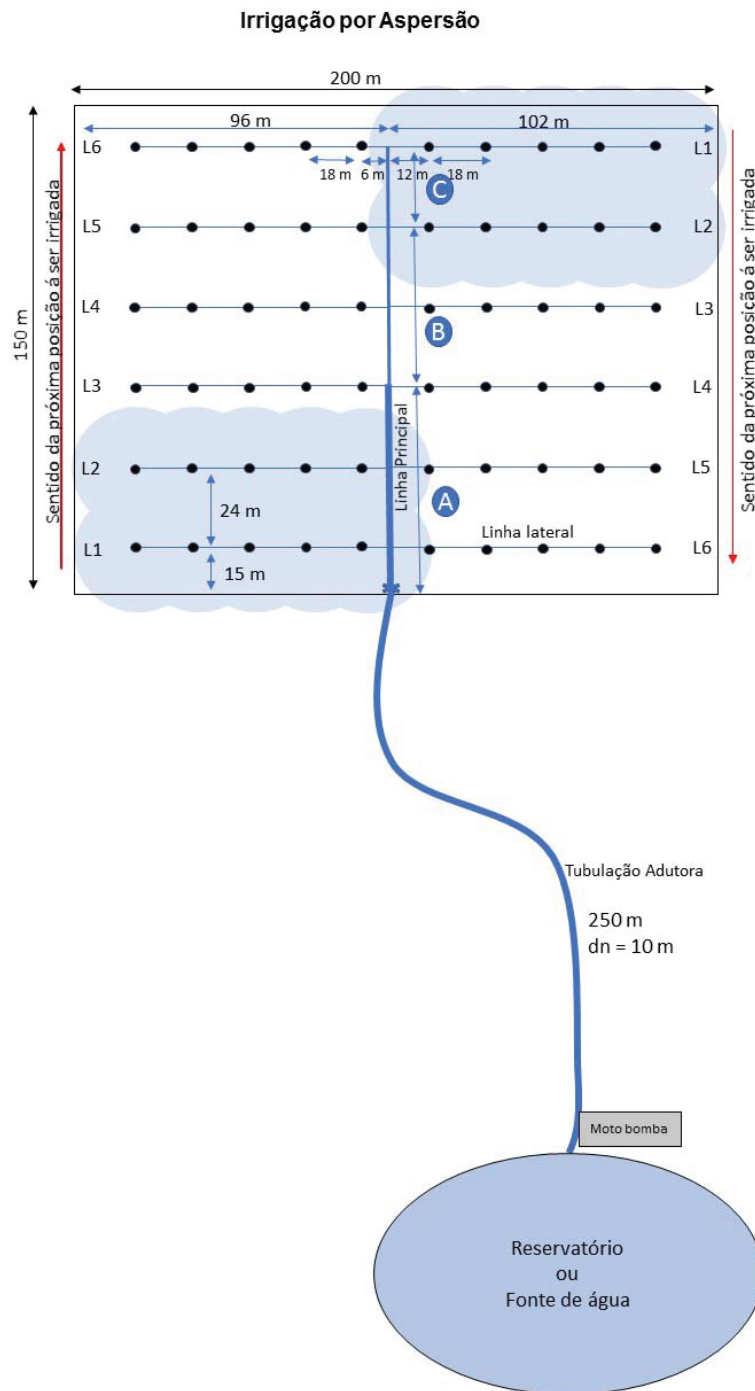



Figura 8 - Croqui de área a ser irrigada por aspersão.

Fonte: Os autores.

1.° Passo: Consumo de água pela cultura.

Pode ser determinado pela evaporação do tanque Classe A ou pela estimativa da ET_0, ambos multiplicados pelo coeficiente da cultura Kc. Para o correto dimensionamento do sistema de irrigação, o Kc a se utilizar deve ser o maior dentre as fases da cultura, pois garantirá que o sistema atenda menores exigências de água.

$ETc = EV_{classe\ A} \times Kc$ $ETc = 5{,}50 \times 1{,}36 => 7{,}48$ mm/dia

$ETc = ET_0 \times Kc$

2.° Passo: Disponibilidade total de água no solo

=> 1,125 L

CC – Capacidade de Campo

PMP – Ponto de Murcha permanente

Ds – Densidade do solo

3.° Passo: Disponibilidade real de água

$DRA = DTA \times Fator_{disponibilidade}$ $DRA = 1{,}125 \times 0{,}75 => 0{,}844L$

4.° Passo: Lâmina líquida de água

$LLI = DRA \times Z_{radicular}$ $LLI = 0{,}844 \times 40 => 33{,}76$ mm

5.° Passo: Lâmina bruta de água

LBI = LLI / Eficiência do sistema LBI = 33,76/0,75 =>45,01 mm

Obs: a diferença entre a LLI e LBI é a perda por evaporação e a deriva da água antes que chegue ao solo, ocasionada pelo vento e pela temperatura elevada.

6.° Passo: Turno de rega

Tr = 33,76/6,8 =>4,51 dias

Obs: neste passo, sempre arredondar para menos 4 dias.

7.° Passo: Período de irrigação

PI = Tr – número de dias de folga PI = 4 – 1 =>3 dias

Obs: Tr>1 semana = N.º dias de folga 2

Tr< 1 semana = N.º dias de folga 1

8.° Passo: Seleção dos aspersores em catálogos deve atender os critérios abaixo:

I - Intensidade de aplicação ≤ VIB

II – Pressão de serviço menor possível

III – Área irrigável maior possível

IV – Vazão maior possível

Índice de pulverização

$$Pd = \frac{Ps}{(10 \times (q^{0,4}))}$$

$$Pd = \frac{30}{(10 \times (0{,}73^{0,4}))}$$

= 3,40

Tamanho de gota:

2<Pd<4 – Adequado

Pd=4 – Ideal

Pd<2 – Grande

Pd>4 – Pequena

Aspersor selecionado de acordo com catálogo FABRIMAR.

Bocais 5,6 x 3.2

Ps= 30mca

Q = 2,66 m3/h – 0,73 L/s

Espaçamento 18x24

Intensidade 6,2 mm/h

Área irrigável raio = 21 m

9.° Passo: Tempo de irrigação

Ti = LBI / Ia   Ti = 45,01 / 6,2 => 7,25h

Ia – intensidade de aplicação do aspersor mm/h

10.° Passo: Número de horas trabalhadas por dia

Nh = 8 horas de trabalho por funcionário

Obs: este passo leva em consideração as atividades da propriedade e seu regime de trabalho: para exemplo, consideramos que os colaboradores trabalhem 8 horas por dia com dois dias de folga por semana, sendo assim 5 dias de trabalho.

11.° Passo: Tempo operacional por posição

Tp = Ti + Tm   Tp = 7 + 1 => 8 horas

Tm – tempo de montagem do sistema (mudança de posição das linhas)

12.° Passo: Número de posições por cada linha lateral

N= Nh / Tp   N = 8 / 8 => 1 posição

13.° Passo: Número total de posições da linha lateral

N = L / El   N = 150 / 24 => 6,25 x 2 lados = 12 posições

L – Comprimento da linha principal

El – Espaçamento entre linha lateral

Obs: sempre o menor espaçamento indicado pelo fabricante do aspersor será entre aspersor (18) e o maior na entre linha (24), (18x24 metros, respectivamente).

14.° Passo: Número de posições a serem irrigadas por dia

Nd = N / Pi   Nd = 12/3 =>4 posições

15.° Passo: Número de linhas laterais irrigantes simultaneamente

NL = Nd / n NL = 4 / 1 =>4 LL

16.° Passo: Dimensionamento hidráulico

O dimensionamento da Linha Lateral se dá a partir do comprimento da linha lateral, o espaçamento entre aspersores na linha e a quantidade de aspersores.

O dimensionamento de linhas laterais sempre se dará da linha de maior comprimento para que o dimensionamento atenda sempre a condição de maior exigência.

N.º de aspersores = Lll/Espaçamento N.ºdeasp. =102/18=>5,6=

6 aspersores por linha lateral

Qll = N.º asp x Qasp Qll = 6 x 2,66 => 15,96 m^3/h /3600 => 0,00443 m^3/s

A vazão (Q) da linha lateral se dá pelo número de aspersores multiplicado pela vazão de cada aspersor, este já determinado no passo 8.

Critério de Pressão (perda de carga admissível)

hfa = 20% x Ps – (-)declive (+) aclive

hfa = 0,2 x 30 – 0

hfa = 6 mca

Calcular o Diâmetro da Linha Lateral

Calcular o fator de correção de Chistiansen

Em que:

m – Expoente da vazão na equação de Hazen Willians = 1,85

Na – Número de aspersores na linha = 6

F = 0,44

Perda de carga fictícia

Hf_F= hfa / F

Hf_F= 6 / 0,44

Hf_F = 13,63

Hazen-Willians

Temos:

Hf – Perda de Carga (mca)

Q – Vazão (m^3/s)

C – Coeficiente de rugosidade (admensional)

D – Diâmetro (m)

Em que:

$$D^{4,87} = \frac{10,641 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times Hf}$$

$$D^{4,87} = \frac{10,641 \times 0,00443^{1,85} \times 102}{140^{1,85} \times 13,63}$$

D = 0,0479 m ou 47,97 mm

Obs: o diâmetro encontrado não é comercial, logo adota-se o próximo maior (50 mm).

Calcular a perda de carga real

$$Hf = \frac{10,641 \times 0,00443^{1,85} \times 102}{140^{1,85} \times 0,050^{4,87}}$$

Hf = 11,16 mca

Hf = hfr/F

11,16 = hfr/0,44

hfr = 4,91 mca

conclusão:

hfr => 4,91 mca<hfa => 6 mca

Real Admissível

Pressão no início da linha lateral

$$PiLL = Ps + {}^{3}/_{4}\,(hfr + dn) + Aa$$

PiLL – Pressão início da LL

Ps – Pressão de serviço

dn – Diferença de nível

Aa – Altura do aspersor

$$PiLL = 30 + {}^{3}/_{4}\,(4,91 + 0) + 1,5$$

Pill = 35,18 mca

O valor de ¾ da equação garante que o primeiro aspersor trabalhe com pressão acima da pressão de serviço e, a partir do meio da linha, os aspersores trabalhem abaixo da pressão de serviço, equilibrando a pressão total necessária no início da Linha Lateral (LL).

Equação da continuidade hidráulica

Dedução da equação:

Q = A x V

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = \frac{\pi \times D^2 \times V}{4}$$

$$4 \times Q = \pi \times Q^2 \times V$$

$$D^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$$

$$D = (\frac{4 \times Q}{\pi \times V})^{\frac{1}{2}}$$

Q – Vazão m^3/s

V – Velocidade m/s

D – Diâmetro m

A – Área m^2

Dimensionamento da Linha Principal

Trecho A -$D = (\frac{4 \times 4 \times QLL}{\pi \times 2{,}1})^{\frac{1}{2}}$

$$D = (\frac{4 \times 4 \times 0{,}00443}{\pi \times 2{,}1})^{\frac{1}{2}}$$

D = 0,1088 m

D = 108,8 mm

Diâmetro comercial 125 mm

Obs: a velocidade da água na tubulação deve ser menor ou igual a 2,1 m/s para evitar turbulência e desgaste excessivo no sistema.

Trecho B -$D = (\frac{4 \times 2 \times QLL}{\pi \times 2{,}1})^{\frac{1}{2}}$

$$D = (\frac{4 \times 2 \times 0{,}00443}{\pi \times 2{,}1})^{\frac{1}{2}}$$

D = 0,0733 m

D = 73,3 mm

Diâmetro comercial 75 mm

Obs: para a escolha do diâmetro comercial, sempre utilizar o diâmetro superior ao obtido no cálculo.

Trecho C - $D = (\frac{4\times1\times QLL}{\pi\times2,1})^{\frac{1}{2}}$

$$D = (\frac{4\times1\times0,00443}{\pi\times2,1})^{\frac{1}{2}}$$

D = 0,0518 m

D = 51,8 mm

Diâmetro comercial 75 mm

Cálculo da perda de carga por Hazen-Willians

Trecho A - $Hf = \frac{10,641\times4QLL^{1,85}\times L}{C^{1,85}\times D^{4,87}}$

$$Hf = \frac{10,641\times0,01772^{1,85}\times(2\times24)}{140^{1,85}\times0,125^{4,87}}$$

Hf = 0,7863 mca

Trecho B - $Hf = \frac{10,641\times2QLL^{1,85}\times L}{C^{1,85}\times D^{4,87}}$

$$Hf = \frac{10,641\times0,00886^{1,85}\times(2\times24)}{140^{1,85}\times0,075^{4,87}}$$

Hf = 2,6246mca

Trecho C - $Hf = \frac{10,641\times1QLL^{1,85}\times L}{C^{1,85}\times D^{4,87}}$

$$Hf = \frac{10,641\times0,00443^{1,85}\times(1\times24)}{140^{1,85}\times0,075^{4,87}}$$

Hf = 0,3641 mca

Pressão no início da linha principal

$$PiLP = PiLL + \Sigma Hf_{LP} + dn_{LP}$$

$$PiLP = 35,18 + 3,775 + 0$$

PiLP = 38,955 mca

Onde é solicitado o desnível, adiciona-se o valor em metros, sendo para aclive valor positivo e para declive negativo.

Dimensionamento da adutora

Vazão Total

$Q = 4 \times QLL$

$Q = 4 \times 0{,}00443$

Q = 0,01772 m^3/s X 3600

Q = 63,79 m^3/h

Perda de carga da linha adutora

Trecho adutora - $Hf = \frac{10{,}641 \times 0{,}01772^{1{,}85} \times 250}{140^{1{,}85} \times 0{,}125^{4{,}87}}$

Hf = 4,0953 mca

Altura manométrica do recalque

$Hmr = dnLP + HfLP + PiLP$

$Hmr = 10 + 4{,}0953 + 38{,}955$

Hmr = 53,05 mca

Perda de carga da sucção

Tabela 14 - Valores de perda de carga pelo método de comprimento equivalente à tubulação retilínea

Peças especiais	Quant.	Diâmetro	Perda de carga tabelado (método do comprimento equivalente)	Comprimento equivalente (LV)
Tubosretos				7,5
Válvula de pé e crivo	1	0,150	250	37,5
Curva 90°	1	0,150	30	4,5
Redução gradual	1	0,150	6	0,9
Junção	1	0,150	30	4,5
Total				54,9

Fonte: Os autores.

Hfs = 0,3702 mca

Altura manométrica da sucção

Hms = Hgs + Hfs

Hgs – Altura geométrica da sucção

Hms = 3,5 + 0,37

Hms = 3,87 mca

Altura Manométrica total

Hmt = Hmr + Hms + 5%

Hmt = 53,05 + 3,87 + 5%

Hmt = 59,76 mca

Seleção de bombas em catálogos

Para esse exemplo, será necessária uma bomba que possua a seguinte característica:

Hmt = 59,76 mca

Q = 63,79 $m^3 h^{-1}$.

Exemplo 02:

Dimensionamento de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da melancia no município de Maringá – PR.

Sistema radicular - 0,40 m

ET_0– 5 mm d^{-1}

Kc máximo – 1,36

Altura máxima da cultura – 0,8 m

Eficiência da irrigação 90%

Área a ser irrigada 150 x 50 metros

Espaçamento – 3x1,5 m

Área molhada – 2,3 m^2

Vazão – 3,5 L h^{-1}

Pressão de serviço – 10 mca

Turno de rega – 3 dias

1.º Passo: Consumo de água pela cultura

Em posse dos dados de evaporação do tanque classe A ou da estimativa da ETo, podemos calcular a evapotranspiração da cultura na fase em que ocorre o maior consumo de água.

ETc = ETo x Kc

ETc = 5 x 1,36

ETc = 6,8 mm d^{-1}

2.º Passo: Número de gotejadores por planta (área a ser irrigada)

$$N\ de\ gotej. = \frac{AI\ (Área\ a\ ser\ irrigada\ 50\%\ do\ espaçamento)}{AG\ (Área\ do\ irrigada\ pelo\ gotejador)}$$

$$N\ de\ gotej. = \frac{3 \times 1{,}5 \times 0{,}5}{2{,}3}$$

N de gotej. = 0,97 gotejadores que arredondando torna-se 1 gotejador por planta.

3.º Passo: Lâmina líquida de irrigação

LLI = ETc x Tr

LLI = 5 x 3

LLI = 15 mm

O turno de rega depende da dinâmica da propriedade e do produtor, quanto aos funcionários e à disponibilidade de água.

4.º Passo: Lâmina bruta de irrigação

LBI = LLI/Efic.

LBI = 15/0,9

LBI = 16,6 mm

5.º Passo: Tempo de irrigação

$$Ti = \frac{LBI \times AI}{N \times q}$$

$$Ti = \frac{16{,}6 \times 2{,}25}{1 \times 3{,}5}$$

Ti = 10,67 horas

6.º Passo: Número de unidade operacional

$$N = \frac{Tr}{Ti}$$

$$N = \frac{3 \times 24\ horas}{10{,}67}$$

N = 6,74 = 6 unidades

7.º Passo: Disposição do sistema na área

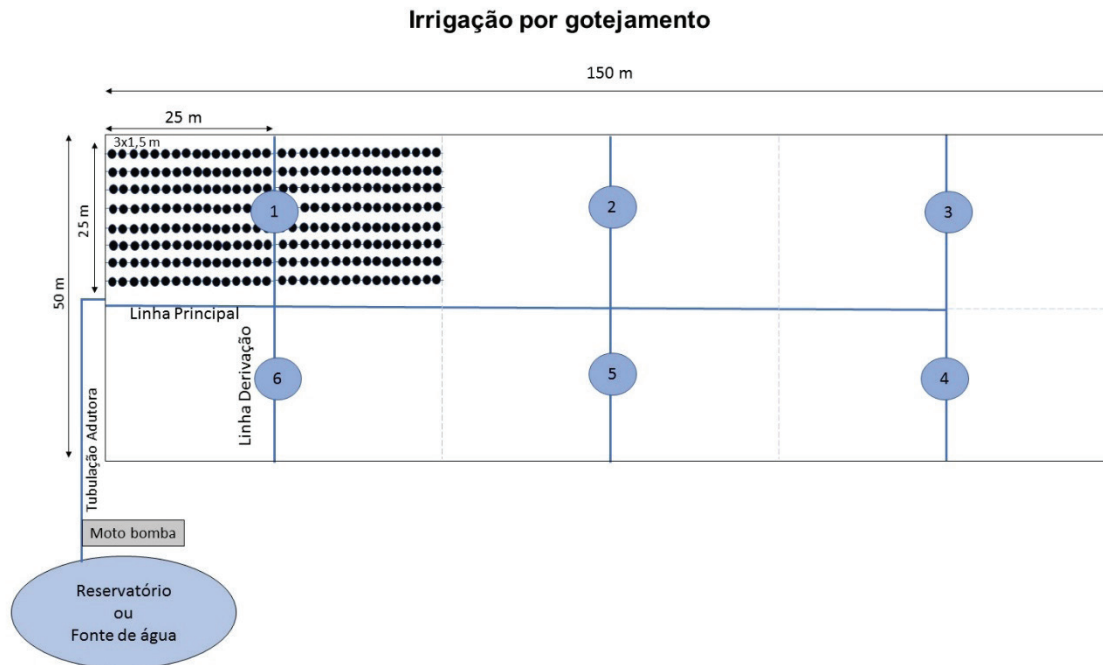



Figura 9 - Croqui de área a ser irrigada por gotejamento
Fonte: Os autores.

8.º Passo: Dimensionamento da Linha Lateral LL

LL = LT/N

LL = 150/6

LL = 25 m

a) Número de gotejadores por linha lateral

N gotej. = L_{LL}/1,5 – espaçamento entre plantas

N gotej. = 25/1,5

Ngotej. = 16,66 = 16 gotejadores

b) Vazão da linha lateral

QLL = N gotej. x q gotej.

QLL = 16 x 3,5

QLL = 56 L h^{-1} ÷ 1000 ÷ 3600

QLL = 0,0000155 m^3 s^{-1}

c) Perda de cargaadmissível

hfa = 20% x Ps – dn

hfa = 0,20 x 10 – 0

hfa = 2 mca

d) Calcular o fator de correção de Chistiansen

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times Na} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times Na^2}$$

Em que:

m – Expoente da vazão na equação de Haissen Willians = 1,85

Na – Número de emissores na linha = 16

F = 0,38265

Hf_F= hfa / F

Hf_F= 2 / 0,38265

Hf_F= 5,23mca

Para a perda de carga fictícia, admite-se aumento de 20% da pressão de serviço para garantir que a média da vazão entre o primeiro gotejador e o último seja próximo.

Para o desnível, subtrai se declive e adiciona se aclive.

e) Calcular o diâmetro do tubo

$$Hf = \frac{10,641 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times (\frac{C}{Cg})^{1,85}$$

Em que:

Cg – Coeficiente de atrito do gotejador – (Brasil = 100)

C – Rugosidade do gotejador (PVC = 144)

$$5,23 = \frac{10,641 \times 0,0000155^{1,85} \times 25}{144^{1,85} \times D^{4,87}} \times (\frac{144}{100})^{1,85}$$

D = 0,01462 m

D = 14,62 mm – diâmetro não comercial

Diâmetro comercial = 16 mm ou 5/8 de polegadas

f) Calcular a perda de carga com o diâmetro encontrado

$$Hf = \frac{10,641 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times (\frac{C}{Cg})^{1,85}$$

$$Hf = \frac{10,641 \times 0,0000155^{1,85} \times 25}{144^{1,85} \times 0,016^{4,87}} \times (\frac{144}{100})^{1,85}$$

Hf = 0,0374 mca

g) Calcular a perda de carga real

Hfr = Hfx F

Hfr = 0,0374 x 0,38265

Hfr = 0,0143 mca

PiLL = Ps + ¾ x hf + dn

PiLL = 10 + ¾ x 0,0143 + 0

PiLL = 10,011 mca

O valor de ¾ da equação garante que o primeiro emissor trabalhe com pressão acima da pressão de serviço e, a partir do meio da linha, os emissores trabalhem abaixo da pressão de serviço, equilibrando a pressão total necessária no início da Linha Lateral (LL).

9.º Passo: Dimensionamento da Linha de Derivação LD

Número de derivações = L_{LD} / espaçamento entre LL

Número de derivações = 25 / 3

Número de derivações= 8 x 2 lados = 16 linhas laterais

Q_{LD} = 16 x 0,0000155

Q_{LD} = 0,000248 m^3/s

hfa = 10% x Ps - dn

hfa = 0,1 x 10 – 0

hfa = 1,0 mca

Assim como na irrigação de aspersão, para o dimensionamento em sistema de gotejamento, a pressão de serviço dependerá do tipo de emissor.

Para o desnível, se aclive, adiciona o valor em metros; se declive, subtrai o valor em metros.

a) Calcular o fator de correção de Chistiansen

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times Na} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times Na^2}$$

$$F = \frac{1}{1{,}85+1} + \frac{1}{2 \times 8} + \frac{(1{,}85-1)^{0,5}}{6 \times 8^2}$$

F = 0,4157

Hf_F= hfa / F

Hf_F= 1,0 / 0,4157

Hf_F= 2,405 mca

$$Hf = \frac{10{,}641 \times Q^{1{,}85} \times L}{C^{1{,}85} \times D^{4{,}87}} \times 5\%$$

$$2{,}405 = \frac{10{,}641 \times 0{,}000248^{1{,}85} \times 25}{144^{1{,}85} \times D^{4{,}87}} \times 1{,}05$$

D = 0,01716 m

17,16 mm

Diâmetro comercial 20 mm

b) Calcular a perda de carga com o diâmetro encontrado

$$Hf = \frac{10{,}641 \times Q^{1{,}85} \times L}{C^{1{,}85} \times D^{4{,}87}} \times 5\%$$

$$Hf = \frac{10{,}641 \times 0{,}000248^{1{,}85} \times 25}{144^{1{,}85} \times 0{,}020^{4{,}87}} \times 1{,}05$$

Hf = 1,1398 mca

Adiciona-se 5% na perda de carga para as conexões entre o emissor e a tubulação.

hfr = Hfx F

hfr = 1,1398 x 0,4157

hfr = 0,4738 mca

PiLD = PiLL + hfr

PiLD = 10,011 + 0,4738

PiLD = 10,4848 mca

10.º Passo: Dimensionamento da Linha Principal LP

A vazão da linha principal é igual à vazão total exigida pela linha de derivação de um setor.

Comprimento da linha principal

LLP = 150 – 25

LLP = 125 m

Vazão da linha principal

QLP = QLD

QLP = 0,000248 m^3/s

Equação da vazão

$$Q = A \times V$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times V$$

$$4Q = \pi D^2 V$$

$$D^2 = \frac{4Q}{\pi V}$$

$$D = (\frac{4Q}{\pi V})^{1/2}$$

$$D = (\frac{4 \times 0{,}000248}{\pi 2{,}1})^{1/2}$$

D = 0,0122 m

12,2 mm

V = 2,1 m/s

Velocidade limite para que não ocorra turbulência.

Calcular a perda de carga com o diâmetro calculado da linha de derivação.

$$Hf = \frac{10{,}641 \times Q^{1{,}85} \times L}{C^{1{,}85} \times D^{4{,}87}}$$

$$Hf = \frac{10{,}641 \times 0{,}000248^{1{,}85} \times 125}{144^{1{,}85} \times 0{,}020^{4{,}87}}$$

Hf_{LP} = 5,4279 mca

O diâmetro encontrado para a linha principal é menor que o diâmetro da linha de derivação. Para efeitos práticos, isso não é viável, então recomenda-se utilizar o mesmo diâmetro da linha de derivação. Isso ocorre devido o comprimento da linha principal ser menor tornando a perda de carga reduzida.

11.º Passo: Pressão total do sistema

PiLP = PiLD + Hf_{LP}

PiLP = 10,4848 + 5,4279

PiLP = 15,91 mca

Perda de carga da sucção

Tabela 15 - Valores de perda de carga pelo método de comprimento equivalente à tubulação retilínea

Peças especiais	Quant.	Diâmetro (m)	Perda de carga tabelado (método do comprimento equivalente)	Comprimento equivalente (LV)
Tubosretos				7,5
Válvula de pé e crivo	1	0,050	250	12,5
Curva de 90º	1	0,050	30	1,5
Redução gradual	1	0,050	6	0,3

Junção	1	0,050	30	1,5
Filtro de tela	1			3,0
Filtro de areia	1			4,0
Injetor de fertilizante	1			1,0
Total				31,3

Fonte: Os autores.

Hmt = PiLP + pecas especiais

Hmt = 15,91+31,3

Hmt = 47,21

12.º Passo:Seleção de bombas em catálogos

Hmt = 47,21 mca

Q = 0,000248 m^3/s ou 0,893 m^3/h

Este é o último passo do cálculo do projeto; a partir deste ponto, é listar tubulações e conexões de acordo com o layout.

5 Referências

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (FAO irrigation and drainage paper, 56).

______. **Evapotranspiration del cultivo**: Guias para a la determinacion de los requeriments de água de los cultivos. Rome: FAO, 2006. (Estúdio. Riego e drenaje paper, 56).

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 1. ed. Lavras: UFLA, 2004.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, C. R.; COELHO, E. F. Monitoramento do teor de água no solo. In: AGUIAR NETTO, A. O.; BASTOS, E. A. **Princípios agronômicos da irrigação**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 69-99.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. (Estudos de irrigação e drenagem, 29).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 1995.

______; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.

BLAINSKI, E. **Utilização do intervalo hídrico ótimo do solo para manejo de área irrigada**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 251-255, 2002.

BOMAN, B. J. Distribution patterns of microirrigation spinnerand spray emitters. **Applied Engineering in Agriculture**, St.Joseph v. 5, no. 2, p. 50-56. 1989.

BRIGGS, L. J.; SHANTZ, H. L. **The wilting coefficient for different plants and its indirect determination**. Washington, D.C.: Government Printing Office, 1912. (Series: Bulletin United States. Bureau of Plant Industry, 230).

CARARO, D. C.; BOTREL, T. A. Uso de cloração e ar comprimido no controle do entupimento de gotejadores. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 336-345, 2007.

CARRIJO, O. A. et al. Tendências e desafios da fertigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. (Org.) **Fertigação**: citrus, flores, e hortaliças. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1999. p. 155-169.

CARVALHO, L. C. C. de; BEZERRA, F. M. L.; CARVALHO, M. A. R. de. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da melancia sem sementes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 53-59, 2007.

CASSEL, D. K.; NIELSEN, D. R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part I. Physical and mineralogical methods. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 901-926, (Agronomy monograph, 9).

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California Experiment Station, 1942. (Bulletin, 670).

COLMAN, E. A. A laboratory procedure for determining the field capacity of soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 63, no. 4, p .277-283, 1947.

CONCEICÃO, M. A. F. **Irrigação**: sistemas e manejo. 2005. (Embrapa Uva e Vinho. Serviço de Produção de Informação, 8). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasSemSementes/irrigacao.htm>. Acesso: 18 fev. 2018.

COSTA, A. C. S. da; NANNI, M. R.; JESKE, E. Determinação da umidade na capacidade de campo e ponto de murchamento permanente por diferentes metodologias. **Revista UNIMAR**, Maringá, v. 19, n. 3, p. 827-844, 1997.

COSTA, C. S. et al. Água disponível em um Neossolo Quartzarênico após adição de um condicionador mineral do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 524-530, 2009.

DAKER, A. **Irrigação e drenagem**: a água na agricultura. 3. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1970. v. 3.

DALMAGO, G. A. et al Evapotranspiração máxima e coeficiente da cultura do pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 33-41, 2003.

DAVIS, J. L.; CHUDOBIAK, W. J. **In-situ meter for measuring relative permittivity of soils**. Ottawa: Geology Survey of Canada, 1975. (Paper, 75- 1A).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994.

______. **Yield response to water**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. (FAO irrigation and drainage paper, 33).

______; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. (Irrigation and drainage paper, 24).

EMBRAPA. **Cultivo de tomate para industrialização**. 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/mudas.htm>. Acesso: 10 fev. 2018.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão**: uniformidade e eficiência. Piracicaba: ESALQ/USP. Departamento de Engenharia Rural, 1992. (Série didática, 003).

______ et al. **Microirrigação**: gotejamento e microaspersão. Maringá: Eduem, 2012.

GARCIA, G. de O. et al. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 7-18, 2008.

GOMES, E. P. et al. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do Arenito Caiuá, Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 373-385, 2010.

GONÇALVES, F. M. et al. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral - CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 2, p. 71-77, 2009.

IBGE-instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola - fevereiro 2017**. Disponível em:<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>. Acesso em: 07 mar. 2018.

______. **Levantamento sistemático da produção agrícola - dezembro 2006**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>. Acesso: 17 fev. 2018.

JENSEN, M. E. (Ed.). **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1973.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990.

KLEIN, V. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 646–650, 2006.

LIMA, P. A. et al. Efeito do manejo da irrigação com água moderamente salina na produção de pimentão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 1, n. 1, p. 73-80, 2006.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle da irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA/CNPH, 2008. (Circular técnica, 57).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPH, 1998. (Circular técnica da Embrapa Hortaliças, 11).

______. **Tomateiro para processamento industrial**: irrigação e fertirrigação por gotejamento. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2002.

______; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade de água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2. ed. rev. atual. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008.

______. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília, DF. Embrapa CNPH , 1996.

MARTINS, C. C. et al. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (Coffea arabica L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

MENEZES, S. M. de et al. Determinação do coeficiente de cultivo do pepino através de lisimetria de drenagem. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 4., 2017, Fortaleza. **nais...** Fortaleza: UFC, 2017. p. 1-9.

MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**: a guide for management. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Departament. Utah State University, 1978.

MIRANDA, F. R. de; OLVEIRA, J. J. G.; SOUZA, F. Evapotranspiração máximas e coeficientes de cultivo para a cultura da melancia irrigada por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 36-46, 2004.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

REICHARDT, K. **A** água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole, 1990.

______. **Processos de transferência no sistema solo planta atmosfera**. 4. ed. Campinas: Fund. Cargill, 1985.

RICHARDS, L. A.; WEAVER, L. R. Fitten-atmosphere percentage as related to the permanent wilting percentage. **Soil Science**, Baltimore, v. 56, no. 5, p. 331-339, 1943.

RIVERS, E. D.; SHIPP, R. F. Soil water retention as related to particle size in selected sands and loamy sands. **Soil Science**, v.126, p.94-100, 1978.

SANTANA, M. J. et al. Coeficiente de cultura para o Tomateiro Irrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 11-20, 2011.

SIMONNE, E. H.; DUKES, M. D.; HAMAN, D. Z. Principies and practices of irrigation management for vegetables. In: OLSON, S. M.; SIMONNE, E. H. (Ed.). **The vegetable production handbook for Florida**. Gainesville: Universíty of Florida: IFAS Extention, 2006. p. 33-39. (AE260 Horticultural Sciences Department).

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, D.C., v. 16, no. 3, p. 574-582, 1980.

VAN GENUCHTEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soils Science Society of American Journal**, Madison, v. 44, no. 5, p. 892-898, 1980.

Doenças bacterianas

Luís Otávio Saggion Beriam e Eros Molina Occhiena

1 Introdução

Para efeitos de doenças de etiologia bacteriana, neste capítulo, estão relacionadas as principais doenças nas culturas de abóbora (*Cucurbita máxima*, *C.maxima* x *C.moschata*), abobrinha (*C. pepo*), berinjela (*Solanum melongena*), melão (*Cucumis melo*), melancia (*Citrullus lunatus*), pepino (*Cucumis sativus*), pimenta (*Capsicum* spp.), pimentão (*C. annuum*) e tomateiro (*Solanum lycopersicon*). Há pelo menos dez gêneros de fitobacterioses que potencialmente podem ocasionar problemas nesse grupo de plantas, incluindo um grande número de espécies bacterianas.

A diagnose de doenças de etiologia bacteriana envolve, obrigatoriamente, o isolamento e a purificação do agente causal, os testes de inoculação artificial nos respectivos hospedeiros homólogos, para a reprodução daqueles sintomas observados em campo. É somente após a confirmação da patogenicidade, fechando os chamados 'Postulados de Koch', que serão iniciados os trabalhos para a identificação do agente causal ao nível de gênero, espécie e, quando for o caso, a níveis infraespecíficos – subespécie ou patovar.

A seguir, estão relacionadas as principais doenças bacterianas das culturas anteriormente citadas, enfocando aspectos relacionados à distribuição geográfica, ao(s) agente(s) etiológico(s) envolvido(s), aos dados de sintomatologia e, quando disponíveis, às perdas econômicas para a cultura. Medidas de controle ou manejo também serão discutidas, visando eliminar ou, ao menos, minimizar o problema.

2 Cucurbitáceas

2.1 Gênero *Acidovorax*

2.1.1 Mancha aquosa – *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* – melancia

Essa fitobacteriose foi descrita, em nosso país, como patógeno da melancia em 1990, ocorrendo nas regiões de Marília, Assis e Presidente Prudente, estando já relacionada nos estados do Ceará, Minas Gerais, Goiás, Piauí, Roraima e São Paulo (BERIAM; MALAVOLTA JR., 1998).

A melancia é suscetível a isolados de *A. a.* subsp. *citrulli* originários do meloeiro, o que pode representar riscos em potencial em propriedades agrícolas produtoras de melão e de melancia, prática comum no polo agrícola Mossoró-Baraúna, RN (OLIVEIRA et al., 2007).

Sintomatologia

A doença inicia-se por pequenas lesões nos frutos, que rapidamente se expandem, assumindo grandes áreas do fruto. Com a maturação, essas lesões evoluem em profundidade, afetando a polpa, que se torna escura e mole, comprometendo o fruto para consumo. A bactéria penetra na folha ou no fruto por estômatos ou ferimentos. Frutos mais novos são mais suscetíveis quando comparados aos frutos maduros. Os frutos maduros possuem uma espessa camada de cera, que dificulta a entrada da bactéria pelos estômatos. Para que ocorra colonização de folhas e frutos por *A. a.* subsp. *Citrulli*, são necessárias altas umidade e temperatura. Parece não ocorrer desenvolvimento em tempo frio e chuvoso. Durante a pós-colheita, a temperatura de armazenamento é o fator preponderante para a disseminação da bactéria (Figura 1).

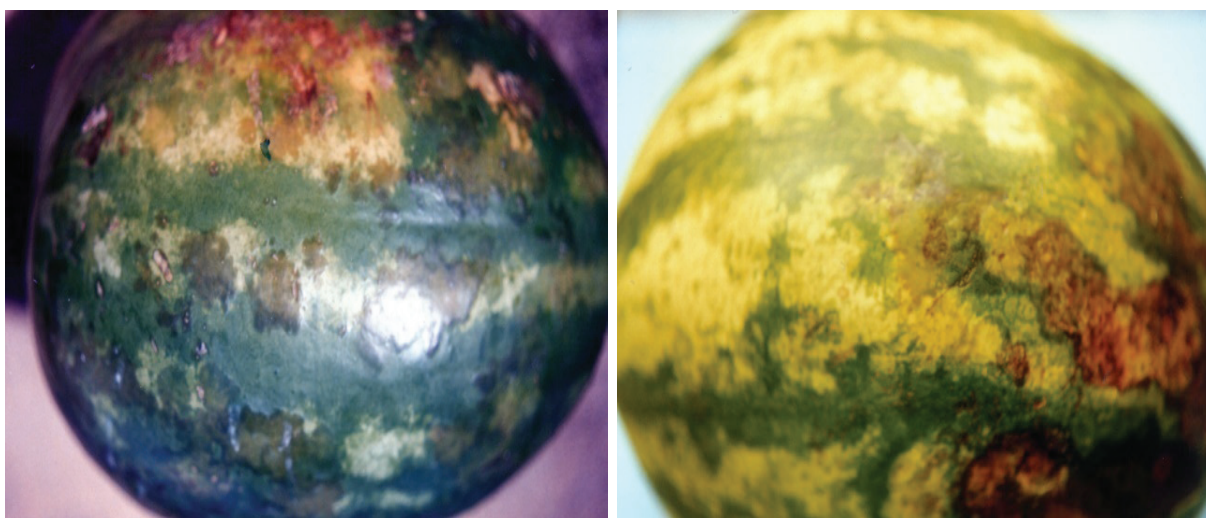



Figura 1 - Sintomas de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em frutos de melancia.
Foto: Valdemar Atílio Malavolta Júnior.

2.1.2 Mancha aquosa – *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* – melão

Essa bacteriose foi descrita em nosso país em 1992, sendo um grave problema para a cultura do meloeiro nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, podendo levar a perdas de até 100% da cultura. Todos os tipos de melão são suscetíveis a essa bactéria, já tendo sido detectada nos estados da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, regiões Sudeste e Centro-Oeste e também no Rio Grande do Sul.

Sintomatologia

Os sintomas manifestam-se em qualquer fase do desenvolvimento da cultura, ocorrendo em plântulas, folhas e frutos. Quando as plantas são originárias de sementes contaminadas, apresentam extensas manchas encharcadas, que progridem para verde-escuro e marrom nos cotilédones, causando, às vezes, necrose no hipocótilo.

As lesões são também observadas nas nervuras ou nas margens das folhas. Mesmo que a infecção na folha tenha pouco ou nenhum efeito no desenvolvimento da planta, ela pode servir como fonte de inóculo para o fruto. Nos frutos, as lesões são caracterizadas por pontos inicialmente oleosos, que se expandem e tornam-se manchas marrons, necróticas, com ou sem rachaduras no centro. Essas rachaduras podem servir de entrada para outros microrganismos, que aceleram

o apodrecimento do fruto. Pode ocorrer o abortamento de frutos. A bactéria coloniza a polpa do fruto, causando podridão seca, contaminando as sementes interna e externamente (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Figura 2 - Sintomas de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em folhas de meloeiro.
Foto: Igor Dantas.

A – início de aparecimento de sintomas

B – 10 dias após início do aparecimento de sintomas.

Figura 3 - Sintomas de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em frutos de melão.
Fonte: Os autores.

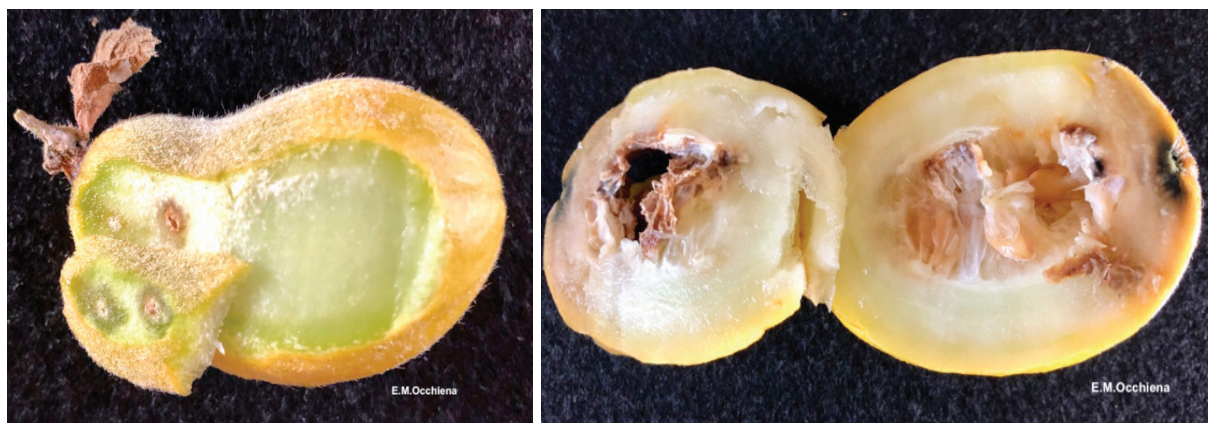



Figura 4 - Sintomas de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em frutos de melão.
Fonte: Os autores.

Figura 5 - Sintomas de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* em frutos de melão.
Foto: Igor Dantas.

Etiologia

Acidovorax avenae subsp. *citrulli* (sin. *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citruli*) é uma bactéria na forma de bastonete, Gram negativa e móvel por um flagelo polar. Não hidrolisa arginina e apresenta reação positiva para os testes de catalase, oxidase e urease. Causa reação de hipersensibilidade em folhas de fumo. Apresenta crescimento entre 5 ºC – 45 ºC, com ótimo crescimento a 35 ºC. Trata-se de bactéria facilmente isolada em meio de cultura.

Epidemiologia

Além do meloeiro, *A. a.* subsp. *citrulli* também já foi descrita em nosso país como patógeno da melancia e da abóbora. Trata-se de bacteriose veiculada pela semente. Sobrevive no campo em plantas voluntárias de um cultivo para o outro, também podendo sobreviver em hospedeiros alternativos. Sementes e plântulas infectadas, bem como restos culturais são fontes de inóculo da bactéria. Sementes infectadas merecem atenção especial, principalmente naqueles casos em que os agricultores produzem as sementes na própria lavoura.

2.2 Bactérias que causam 'podridão mole'

É possível verificar que todas as hortaliças de frutos aqui relacionadas são atacadas por bactérias pectinolíticas, responsáveis pelos quadros de podridão mole. Além disso, há outros patógenos, envolvendo vários fungos ou mesmo insetos, que também podem ocasionar esse mesmo quadro sintomatológico. Muitas vezes, injúrias mecânicas ou mesmo outros patógenos podem servir de porta de entrada para essas bactérias pectinolíticas. Plantas com esses tipos de sintomas devem ser encaminhadas para laboratórios especializados. É necessário que seja efetuado o isolamento do agente causal, bem como os testes de patogenicidade. Não é raro encontrar, na literatura especializada, a descrição de infecções por bactérias pectinolíticas com base pura e simplesmente na sintomatologia apresentada pela planta hospedeira. Na grande maioria dos casos, essa identificação é feita de forma incompleta ou mesmo errada, e erros na diagnose têm sérias implicações quando da adoção de potenciais medidas de controle.

Trabalho conduzido por Robbs, Rodrigues Neto e Beriam (1992) mostra a importância de várias bactérias responsáveis pelos quadros de podridão mole, prevalentes em pós-colheita, causando a deterioração de frutos, principalmente em períodos chuvosos. Entre essas bactérias, podem ser citadas *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, agente da 'Podridão Aquosa', *Xanthomonas melonis*, causadora da 'Barriga D´Água' e *A. a.* subsp. *avenae citrulli*, causando deterioração dos frutos. Todas essas fitobacterioses causam sintomas de podridão mole nos frutos e a única forma de se chegar a um diagnóstico correto é através do isolamento do agente causal, dos testes de patogenicidade e dos testes bioquímicos, fisiológicos e culturais para a identificação dos isolados em níveis de espécie, subespécie. Também já foi relacionada em nosso país a presença de *Enterobacter cloacae* causando descoloração interna dos frutos, principalmente em pós-colheita e em períodos chuvosos (ROBBS et al., 1995).

2.2.1 Podridão mole – abóbora

É descrita a presença de 'Podridão Mole' em frutos de abóbora ocasionada por *Erwinia chrysanthemi*. Essa espécie bacteriana foi alocada no gênero *Dickeya*, e atualmente está constituída de seis espécies: *D. chrysanthemi*, *D. dadantii*, *D. dianthicola*, *D. dieffenbachiae*, *D. paradisíaca* e *D. zeaea* (SAMSON et al., 2005). A primeira descrição ocorreu em abóbora no Distrito Federal. Os frutos atacados pela broca (*Diaphorina nitidalis*) apresentavam a região central totalmente enegrecida (HENZ; LOPES, 2004). O mesmo quadro sintomatológico, caracterizado por podridão interna, também associada a danos mecânicos ou a injúrias ocasionadas por insetos, foi relacionado em abóbora Tetsukabuto (*C. maxima* x *C. moschata*), a partir de material originário de Pelotas, Rio Grande do Sul, porém aqui já se tratava de uma outra espécie/subespécie bacteriana – *Pectobacterium atrosepticum* (MALAVOLTA; RODRIGUES NETO; ALMEIDA, 2000).

Sintomatologia

A região central do fruto apresenta-se totalmente apodrecida, mas as sementes mostram-se intactas (HENZ; LOPES, 2004). A podridão afeta a parte interna do fruto e está associada às injúrias

mecânicas ou mesmo a danos ocasionados por insetos. Muitas vezes, externamente são observados pequenos orifícios na casca, causados por insetos, ou a casca íntegra, com pequenos pontos anasarcados (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*) (MALAVOLTA; RODRIGUES NETO; ALMEIDA, 2000).

Etiologia

As duas fitobactérias – *Dickeya* sp. e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* – estão associadas aos quadros de podridão mole da aboboreira. As bactérias do gênero *Erwinia* pertencem à família Enterobacteriaceae e estão constituídas por células Gram negativas, na forma de bastonetes (0,5 – 1,0 x 1-3 μm), ocorrendo sozinhas ou aos pares, móveis por um flagelo peritríquio, aeróbias facultativas, com crescimento ótimo entre 27 °C – 30 °C. As características bioquímicas, culturais e fisiológicas utilizadas na separação das diferentes espécies de *Erwinia* podem ser encontradas em Holt et al. (1994). As características culturais, bioquímicas e a correta identificação das espécies de *Dickeya* podem ser consultadas em Samson et al. (2005).

2.3 Murcha bacteriana – *Erwinia tracheiphyla* – abóbora

Há uma doença de etiologia bacteriana que ocorre em abóbora e outras cucurbitáceas, incluindo o meloeiro, a abobrinha, a cabaça. A melancia é resistente. Essa murcha é causada por *Erwinia tracheiphyla*, bactéria não relacionada em nosso país, sendo considerada praga quarentenária A-1 para algumas culturas.

Sintomatologia

Inicialmente, as folhas mostram-se murchas e secas. Como as folhas murcham e encolhem, as hastes podem secar de repente. A murcha ocorre durante o meio do dia, em períodos com altos estresses de água, podendo ocorrer recuperação à noite. Em alguns casos, toda a planta pode colapsar e morrer. Em plantas com algum grau de resistência, os sintomas são visualizados como nanismo. Os frutos também podem apresentar sintomas. Primeiramente mostram pequenos pontos encharcados na superfície, que posteriormente perdem o brilho. Há um teste realizado para diagnóstico, semelhante àquele utilizado para murchadeira (teste do copo), causada por *R. solanacearum*, que também pode ser aplicado para essa doença.

Etiologia

Erwinia tracheiphyla apresenta células com 0,5 – 1,3 μm, ocorrendo aos pares. É Gram negativa e móvel por flagelos peritríquios, anaeróbicas facultativas, apresentando ótimo crescimento entre 27 °C – 30 °C. As demais características culturais, fisiológicas e bioquímicas para diferenciá-la de outras enterobacteriaceas podem ser consultadas em Holt et al. (1994).

Epidemiologia

A bactéria sobrevive no aparelho digestivo do inseto vetor. Durante a primavera, a doença é disseminada de planta para planta pelos vetores que se alimentam nas plantas ou em outras cucurbitáceas. A bactéria é liberada juntamente com os excrementos dos insetos, penetrando nas plantas pelos estômatos ou por ferimentos ocasionados pela própria alimentação do inseto. A bactéria não é transportada pela semente ou pelo solo e sobrevive em restos culturais por curto período de tempo, cerca de um mês. Na planta, a bactéria coloniza os vasos do xilema e um material viscoso é produzido, a semelhança do que ocorre com plantas infectadas por *Ralstonia solanacearum*,

impedindo a passagem de água. Em seis a sete dias, há murcha permanente da planta, resultando na morte entre uma a duas semanas.

Há uma crença de que o odor fétido em plantas com sintomas de podridão mole seja causado pela presença de bactérias pectinolíticas, englobando os gêneros *Enterobacter*, *Pectobacterium* e *Serratia*, entre outros. O que ocorre é que tais bactérias degradam os tecidos da planta hospedeira e esses tecidos degradados são colonizados por vários microrganismos (bactérias, fungos e nematoides de vida livre ou até mesmo alguns protozoários) e é esse apodrecimento generalizado que dá o odor fétido para o material.

2.4 Gênero *Pseudomonas*

2.4.1 Crestamento Foliar – *Pseudomonas cichorii* – melão

Essa bacteriose foi detectada em meloeiros Cvs. Gredo e Tejo, conduzidos sob condição de cobertura plástica, em Votorantim, Estado de São Paulo (BERIAM; MALAVOLTA JR., 1998), tendo como agente causal a bactéria *P. cichorii*. Há ainda o relato da ocorrência de *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* em melão Net (UENO; LEITE, 1997), também em condições de cobertura plástica.

Sintomatologia

Os sintomas ocasionados por *P. cichorii* são caracterizados por lesões foliares, na forma de manchas circulares e pardacentas, com crestamento dos bordos foliares (Figura 6).

2.4.2 Mancha angular das cucurbitáceas

Normalmente, esta moléstia está associada à bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *lachyrmans*. Possui distribuição mundial e tem sido esporadicamente registrada em condições de umidade. Em casos severos, as perdas podem chegar a 100% em condições de campo.

Sintomatologia

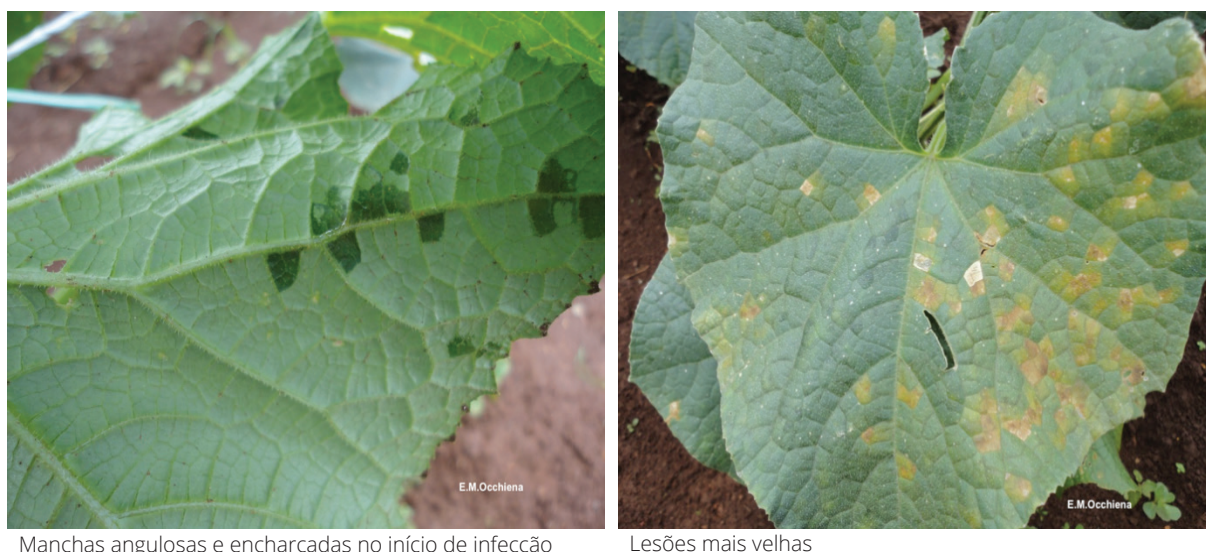
Os sintomas são variáveis, dependendo do hospedeiro e das condições ambientais, sendo normalmente caracterizados como lesões necróticas vasculares. Os sintomas são visíveis nas folhas, nos pecíolos e nos frutos. Nos cotilédones, as lesões são transparentes. Nas folhas, as lesões são anasarcadas. Em condições com alta umidade e temperatura elevada, as lesões podem exsudar. Quando os pecíolos são extremamente atacados, a planta apresenta o aspecto de 'queimada' e pode morrer. Nos frutos, notam-se pequenas lesões arredondadas, anasarcadas e que também apresentam exuberante exsudação. Com o avanço da doença, essas lesões tornam-se irregulares e são delimitadas pelas nervuras foliares, adquirindo uma aparência angular. As lesões podem coalescer, resultando na queima foliar, com a destruição da copa. Segundo Bradbury (1986), *P. s.* pv. *lachrymans* já foi relacionada como patógeno de melancia, pepino, melão, abóbora e abobrinha (Figura 7). No Brasil, *P. s.* pv. *lachrymans* já foi relacionada nas seguintes culturas: melão, pepino, abóbora e chuchu.

Manchas angulosas e encharcadas no início de infecção   Lesões mais velhas

Figura 7 - Mancha Angular do Pepino, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans.*
Fonte: Os autores.

Epidemiologia

Os patovares de *Pseudomonas syringae* patogênicas às cucurbitáceas são veiculados pela semente, que é a principal forma de disseminação da bactéria a longas distâncias. É sugerido que o melão, a abóbora e a abobrinha são suscetíveis a diversas populações de *P. syringae* e, neste caso, a identificação ao nível de patovar pode ser de uso limitado para esse grupo de patógeno. A bactéria também pode sobreviver por longos períodos em restos culturais ou em equipamentos. Os ciclos secundários podem ocorrer via água de irrigação e práticas agrícolas. Alta umidade é o principal fator para o desenvolvimento de epifitias.

Etiologia

Pseudomonas syringae pv. *lachrymans* possuem células móveis, por meio de vários flagelos polares. Não acumulam polihidroxibutirato. A identificação ao nível de espécie é relativamente simples, por meio do teste LOPAT. O patovar de *lachrymans* pode ser diferenciado de outros patovares de *P. syringae*por meio de testes de patogenicidade e de testes bioquímicos.

Em epifitias nas culturas de melão e de abóbora, foram recuperados os patovares *aptata* e *syringae* de *P. syringae*. Os patovares de *P. syringae* patogênicos às cucurbitáceas não representam um grupo homogêneo do ponto de vista taxonômico (NEWBERRY et al., 2016).

2.4.3 Mancha angular – *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* – abóbora

Até o momento, essa doença não foi assinalada em nosso país na cultura da aboboreira. Essa bactéria está presente em praticamente todas as regiões agrícolas do mundo.

Sintomatologia

Lesões em formato irregular, anasarcadas enquanto novas, tornando-se esbranquiçadas ou cinzas em lesões mais expandidas. O centro da lesão torna-se quebradiço, mostrando furos na superfície foliar. As primeiras lesões nos frutos são ovais e encharcadas. Em condições de umidade, a bactéria pode exsudar das lesões nas folhas e nos frutos e, quando o exsudato seca, deixa um resíduo branco. Essa bactéria também foi descrita em melão Net, no Estado do Paraná,

apresentando sintomas de crestamento foliar, com encharcamento irregular dos tecidos foliares. O crestamento pode iniciar-se pelas margens das folhas, atingindo grande parte do tecido foliar. Quando os sintomas são severos, pecíolo e caule também são comprometidos, podendo causar a morte da planta (UENO; LEITE, 1997).

2.5 Gênero *Ralstonia*

2.5.1 Murcha Bacteriana – *Ralstonia solanacearum* – abóbora

Sinigaglia et al. (2001) relataram a ocorrência da 'Murcha Bacteriana' em abóbora (*Cucurbita pepo*), em plantações localizadas no município de Ubatuba, Estado de São Paulo, causada por *Ralstonia solanacearum*.

Sintomatologia

As plantas mostram sintomas de murcha, que se iniciam com o amarelecimento das folhas baixeiras e, em seguida, das demais folhas, causando murcha e morte da planta. Os tecidos vasculares das raízes e dos caules apresentam-se descoloridos, podendo-se observar o fluxo bacteriano nas plantas murchas (Figura 8).

Figura 8 - Sintomas de *Ralstonia solanacearum* em abóbora.
Foto: Irene Maria Gatti de Almeida.

2.5.2 Murcha bacteriana – *Ralstonia soanacearum* – pepino

Quezado-Soares, Cruz e Lopes (1995) relataram a ocorrência de murcha bacteriana do pepino, no híbrido Arkok 8, ocorrendo em condições de estufa, no Distrito Federal, mostrando a importância que a murcha bacteriana representa para o cultivo em estufas. Além de *X. cucurbitae* e *R. solanaceaerum*, há outras duas doenças de etiologia bacteriana relacionadas em pepino no nosso país: a mancha angular, causada por *P. s.* pv. *lachrymans* (QUEZADO-SAORES; SOUZA; TAKATSU, 1990), também já relacionada na cultura de melão, e *P. s.* pv. *tabaci*, ocorrendo em Jaguariúna, Estado de São Paulo, causando sintomas de necrose foliar, envolvida por áreas cloróticas, lembrando os sintomas de 'fogo selvagem'.

2.6 Gênero *Xanthomonas*

2.6.1Crestamento bacteriano – *Xanthomonas cucurbitae* – abóbora

Essa doença foi relatada em nosso país em 1972, ocorrendo no estado do Rio de Janeiro. Posteriormente, também foi relacionada em outros estados brasileiros, incluindo a região nordeste e o estado do Paraná (MALAVOLTA JR. et al., 2008; JAREK; RUARO, 2011). Esta bacteriose foi descrita preliminarmente nos Estados Unidos, em 1926, sendo também assinalada em outras cucurbitáceas, inclusive em nosso país, como o meloeiro, o pepino e a abobrinha.

Sintomatologia

Os primeiros sintomas ocorrem na forma de pequenas pontuações, com tecido encharcado nas páginas inferiores das folhas, que na página superior são visualizadas como pequenos halos de tecidos cloróticos. Com o passar do tempo, as lesões aumentam em tamanho, tornando-se translúcidas, com o centro deprimido. Quando o número de lesões é grande, há coalescimento das mesmas, com as folhas amareladas e extensas áreas de tecido necrosado. Nos frutos, as lesões se iniciam com manchas circulares, que podem aumentar e atingir 0,6 polegadas. Essas lesões permitem a colonização dos frutos por microrganismos secundários, causando podridões dos frutos na pós-colheita (SALAMANCA, 2014). Em casos mais severos, ocorre exsudação nos ramos, que pode ser visualizada quando esses são cortados. Finalmente, os ramos tornam-se completamente necrosados e caem. Quando as flores femininas são atacadas, observa-se apodrecimento do estigma, resultando em não formação de frutos. Nos frutos, os sintomas são visíveis em todas as idades, caracterizando-se por manchas anasarcadas, o que leva ao apodrecimento total do fruto.

2.6.2 Crestamento bacteriano – *Xanthomonas cucurbitae* – pepino

Essa doença foi descrita em nosso país em 1988 (MARINGONI; LEITE; KONORI, 1988), ocorrendo em plantios comerciais localizados em Londrina, Paraná.

Sintomatologia

Os sintomas são caracterizados pela formação de pequenas lesões translúcidas e irregulares ou circulares na face dorsal da folha. Em seguida, as lesões tornam-se necróticas, de coloração palha, apresentando ou não fendilhamento. Em campo, os sintomas podem ser confundidos com aqueles ocasionados por *P. s.* pv. *lachrymans*, agente causal da ‘Mancha Angular das Cucurbitáceas’.

Etiologia

Xanthomonas cucurbitae (sin. *Bacterium cucurbitae, Phytomonas cucurbitae, Pseudomonas cucurbitae, Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae*) apresenta células em forma de bastonetes, com colônias convexas e brilhantes quando cultivada em meio nutriente ágar. É uma bactéria Gram negativa, indol e oxidase negativos, hidrolisa amido e esculina, e forma cristais de cor violeta. A identificação bacteriana é feita com base em características morfológicas, culturais e bioquímicas (JARIAL; JARIAL; GUPTA, 2015).

Essas doenças bacterianas causam perdas significativas em diferentes cucurbitáceas. Em cultivares altamente suscetíveis, as perdas podem chegar a 20%. Nos campos, as perdas variam de 3% a 90%. Há relatos de perdas de até 60% no Canadá (TRUEMAN et al., 2014 apud JARIAL; JARIAL; GUPTA, 2015).

Epidemiologia

A bactéria, além da aboboreira, também foi descrita em meloeiro. É uma bactéria veiculada pela semente, podendo sobreviver em restos culturais. Não há relatos de sua sobrevivência no solo. A doença é favorecida por temperaturas elevadas e alta umidade, ou mesmo condições de molhamento ocasionadas por chuvas ou pela própria irrigação, sendo disseminada de planta para planta pela irrigação, pela água de chuva ou mesmo pelos movimentos de pessoas ou de equipamentos no campo. Os frutos são contaminados através de aberturas naturais ou ferimentos, ocorrendo rápida disseminação da bactéria no campo. A doença é favorecida por altas temperatura e umidade.

2.6.3 Barriga d'Àgua – *Xanthomonas melonis* – meloeiro

Em 1984, Rodrigues Neto, Sugimori e Oliveira descreveram uma nova doença do meloeiro, ocasionada por *Xanthomonas melonis* (sin. *X. campestris* pv. *melonis*), ainda não relatada em nível mundial. Essa doença já havia sido relatada na região de Presidente Prudente, causando sintomas de apodrecimento, com liquefação dos tecidos. Quando os frutos inteiros de melão são agitados, percebe-se, em seu interior, um ruído de substâncias aquosas, o que levou a denominar a doença como 'Barriga d'Água' do meloeiro. Os frutos, antes ou depois de cortados, não apresentam odor desagradável (PEREIRA et al., 1975). Normalmente, o odor desagradável está relacionado com a presença de bactérias pectinolíticas, o que nem sempre é verdadeiro.

Sintomatologia

Os sintomas são caracterizados por uma descoloração pardo escura de parte da polpa, seguida de uma decomposição dos tecidos, dando origem à bolsa de cavidade na polpa afetada. Em estágios mais avançados, há infestação por microrganismos secundários, comprometendo totalmente o fruto para consumo. Externamente não se observa qualquer sintoma, a não ser o aparecimento de uma anomalia logo abaixo da casca, provavelmente ponto de entrada do patógeno (Figura 9).

A – Sintomas em pré-colheita

B – Sintomas no fruto maduro

Figura 9 - Sintomas de *Xanthomonas melonis* em frutos de meloeiro.
Fonte: Os autores.

Epidemiologia

O agente etiológico é possivelmente disseminado via semente, em função do tipo de distribuição da doença no campo. A irrigação por aspersão também pode favorecer a disseminação da bactéria no campo.

Etiologia

Essa bacteriose é ocasionada por *Xanthomonas melonis* (sin. *X. campestris* pv. *melonis*). As bactérias apresentam células em forma de bastonete, Gram negativas, não formadoras de esporos, móveis através de um único flagelo polar, produtora de pigmento amarelado não solúvel em água quando cultivada em meio nutriente ágar. As demais características bioquímicas e fisiológicas podem ser encontradas em Rodrigues Neto, Sugimori e Oliveira (1984).

Em 1991, Kimura et al. descreveram uma doença bacteriana em meloeiro, no município de Teixeira de Freitas, na Bahia, com capacidade de causar podridão mole em pimentão, tomate, cenoura e batata. Testes bioquímicos permitiram identificar o agente causal com *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Romeiro et al. (2004) também relacionaram a ocorrência dessa bactéria em meloeiro no Estado de Minas Gerais.

Trabalho conduzido por Robbs, Rodrigues Neto e Beriam (1992) mostra a importância de várias bactérias responsáveis pelos quadros de podridão mole, prevalentes em pós-colheita, causando a deterioração de frutos, principalmente em períodos chuvosos. Entre essas bactérias, podem ser citadas *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, agente da 'Podridão Aquosa', *X. melonis*, causadora da 'Barriga d'Água' e *A. a.* subsp. *avenae citrulli*, causando deterioração dos frutos. Todas essas fitobacterioses causam sintomas de podridão mole nos frutos e a única forma de se chegar a um diagnóstico correto é através do isolamento do agente causal, dos testes de patogenicidade e dos testes bioquímicos, fisiológicos e culturais para a identificação dos isolados em níveis de espécie, subespécie. Também já foi relacionada, em nosso país, a presença de *Enterobacter cloacae* causando descoloração interna dos frutos de meloeiro, principalmente em pós-colheita e em períodos chuvosos (ROBBS et al., 1995).

3 Solanáceas

3.1 Gêneros *Erwinia* e *Dickeya*

3.1.1 Podridão mole – *Pectobacterium* spp./*Dickeya* – pimentão

Em nosso país, já foram relacionadas várias fitobacterioses em pimentão responsáveis por quadros de podridões moles, incluindo *Dickeya* sp (antiga *Erwinia chrysanthemi*), *Pectobacterium carotovorum*, *P. atrosepticum* e *P. c.* subsp. *carotovorum*. Essas fitobactérias estão presentes em praticamente todas as áreas onde se cultiva o pimentão. Em todos os casos, a sintomatologia apresentada é basicamente a mesma, e a correta diagnose depende, obrigatoriamente, do isolamento e da caracterização do agente causal, através de testes bioquímicos, fisiológicos e culturais.

Sintomatologia

Os sintomas iniciam-se frequentemente nas folhas, que mostram escurecimento, seguido de clorose e necrose. O sistema vascular pode mostrar escurecimento e descoloração. Com o

desenvolvimento da doença, surgem cancros nas hastes, o que pode resultar na quebra das mesmas. Exsudação bacteriana pode ou não ser evidente no tecido doente. As plantas podem murchar e morrer. O pedúnculo do fruto é altamente suscetível, sendo frequentemente o ponto inicial da infecção. As áreas afetadas expandem-se rapidamente, principalmente em condições de altas temperaturas. Em estágios mais avançados, podem ocorrer invasões por microrganismos secundários nos pontos apodrecidos (Figuras 10 e 11).

Figura 10 - Sintomas de *Erwinia* sp. no pedúnculo de pimentão.
Fonte: Os autores.

Figura 11- Sintomas de *Erwinia* sp. em frutos de pimentão.
Foto: L. O. S. Beriam.

Epidemiologia

A bactéria pode permanecer no campo, onde o pimentão é rotacionado com outras culturas também suscetíveis às bactérias. As superfícies das sementes também podem ser infectadas. Ocorre veiculação da bactéria por água de drenagem e de irrigação, sendo necessário ferimento para que a bactéria se estabeleça. Quando os frutos apodrecem, servem de fonte de inóculo para as plantas vizinhas. Ramos infectados a temperaturas entre 25 °C e 30 °C e umidade relativa próxima de 95% colapsam em 24h. Há problemas durante a pós-colheita, quando frutos contaminados são armazenados juntamente com frutos sadios. Ferimentos ocorridos durante a pós-colheita também comprometem os frutos. O grande problema na cultura é a pós-colheita. A disseminação da bactéria no campo ou em condições de armazenamento é extremamente rápida e, em curto espaço de tempo, toda a cultura está comprometida e imprestável para o consumo.

3.1.2 Talo Oco ou Podridão da Medula – *Pectobacterium* ssp./*Dickeya* – tomateiro

Em tomateiro, os sintomas de 'Podridão Mole' ou 'Talo Oco', que nada mais é do que a degradação da medula das plantas por bactérias pectinolíticas, podem ser detectados em qualquer fase da cultura, sempre que a temperatura e a umidade sejam favoráveis. Essas bactérias são habitantes naturais do solo, ocorrendo principalmente em solos mal drenados e compactados. Em cultivo protegido, os prejuízos na cultura são ainda maiores em função das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Sintomatologia

Essas espécies bacterianas secretam enzimas pectinolíticas, que degradam as paredes das células dos hospedeiros, produzindo os sintomas de anasarca e podridão. Nos estágios iniciais, são observados sintomas de amarelecimento e murcha. Quando a medula do caule é atacada, são observados os sintomas conhecidos por 'canela preta' ou 'talo oco'. Também é possível observar-se o escurecimento dos vasos lenhosos. Os sintomas de apodrecimento também estão presentes nos frutos, principalmente quando apresentam algum tipo de lesão, seja mecânica ou aquelas ocasionadas por insetos. O isolamento da bactéria agente causal nem sempre é fácil, em função da presença de microrganismos secundários e, em alguns casos, a bactéria também pode ser veiculada por meio de insetos (Figura 12).

Figura 12 - Sintomas de *Erwinia* sp//*Dickeya* em hastes e frutos de tomateiro.
Foto: Valdemar Atílio Malavolta Júnior e Carlos Alberto Lopes.

Etiologia

Basicamente, os sintomas são ocasionados por bactérias do gênero *Pectobacterium* e *Dickeya* spp. São patógenos oportunistas, habitantes naturais do solo, infectando as plantas via ferimentos. Temperatura e umidade elevadas são condições predisponentes. Dados de etiologia estão descritos na página 204.

3.2 Gênero *Clavibacter*

3.2.1 Cancro bacteriano – *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis* – pimentão

O cancro bacteriano no pimentão foi registrado pela primeira vez em 1989, ocorrendo em lavouras de Bragança Paulista (DIAS; TAKATSU, 1989). Almeida, Malavolta Jr. e Robbs (1996) relataram a ocorrência do cancro bacteriano em pimentão no município de Itapetininga, estado de São Paulo, apresentando tanto a forma localizada como a forma sistêmica.

Sintomatologia

As plantas apresentam elevação do limbo foliar, com o centro branco e suberificado, com lesões similares nos frutos e nos ramos, com distribuição generalizada na área plantada. Na forma localizada, nota-se a presença de lesões puntiformes, que passam a circulares com a evolução da doença. Essas lesões foram observadas ao longo do limbo foliar, em função da posição das folhas e da forma de irrigação, ocorrendo penetração da bactéria via hidatódios. Quando as lesões coalescem, há comprometimento de extensas áreas foliares. Lesões também foram observadas nos ramos e nos frutos afetados. Na forma sistêmica, nota-se retorcimento dos ramos, encanoamento das folhas, com murcha, desfolha e queda de frutos, podendo ocorrer a morte da planta (Figura 13).

Figura 13 - Cancro bacteriano do pimentão, causado por *Clavibacter michiganensis.*
Fonte: Os autores.

3.2.2 Cancro bacteriano – *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* – tomate

Sintomatologia

A infecção normalmente é detectada em um único lado da planta, causando o retorcimento dos ramos. Em estágios mais avançados, nota-se o escurecimento do sistema vascular, surgindo fenda na epiderme, daí o nome da doença. Há também o ressecamento da medula, o que pode causar confusão na diagnose, visto que esse sintoma também é causado por *Pseudomonas corrugata*. *Clavibacter m.* subsp. *michiganensis* é veiculada pela semente, e dessa forma, é possível a detecção de plantas infectadas já na sementeira. No campo, os sintomas são mais visíveis, observando-se necrose marginal e encanoamento, principalmente das folhas baixeiras. Como a infecção ocorre em um lado da planta, é possível verificar a murcha lateral da planta. Há um sintoma característico nas hastes, denominado 'ferradura' – quando são efetuados cortes na inserção dos pecíolos, é possível observar-se a presença de vasos escurecidos. Em condições de laboratório, o 'carimbo' dessas hastes em uma lâmina de microscopia, seguida da coloração de Gram, é um procedimento que pode

auxiliar na diagnose do cancro bacteriano. A presença de vasos escurecidos e de coloração azul (Gram +), dada pela coloração de bactérias Gram positivas presentes nos vasos do xilema, é forte indicativo de tratar-se de *C. m.* subsp. *michiganensis* (Figura 14).

A - Murcha de folhas B - queima de bordos C - Ferimentos– porta de entrada

Figura 14 - Cancro bacteriano do tomateiro, causado por *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, sintomas em folhas.
Fonte: Os autores.

Os sintomas também podem ser observados em frutos, sendo bem característicos e conhecidos como 'olho de perdiz' (Figura 15).

Figura 15 - Cancro bacteriano do tomateiro, causado por *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, em fruto, mancha 'olho de perdiz'.
Foto: Valdemar Atílio Malavolta Júnior.

Etiologia

O gênero *Clavibacter* (sin. *Corynebacterium michiganenis*, *C.m.* pv. *michiganensis* e *C.m.* subsp. *michiganenis*) apresenta células alongadas ou ligeiramente encurvadas, em forma de taco, podendo ocorrer sozinha ou aos pares. São Gram positivas, o que ajuda muito na identificação, não formadoras de esporos, aeróbicas restritas, com crescimento ótimo entre 20 °C – 29 °C. Algumas linhagens podem produzir pigmentos amarelos ou azuis nos meios de cultura.

Epidemiologia

A principal forma de disseminação da bactéria é via sementes contaminadas. As sementes podem carregar as bactérias tanto externa (infestação) como internamente (infecção). Plantas com sementes contaminadas são responsáveis pelo início de uma epifitia no campo. Práticas culturais, como aração e capação, bem como ferramentas e equipamentos são responsáveis pela disseminação da bactéria no campo. À curta distância, a água contaminada também dissemina a bactéria no campo. Com relação à virulência dos isolados, trabalho desenvolvido por Bogo e Takatsu (1997) mostrou que há correlação entre virulência de isolados de *C. m.* subsp. *michiganensis* no tomateiro e no pimentão, mas há isolados que se mostram mais virulentos para um ou outro hospedeiro, indicando a possibilidade da presença de grupos fisiológicos de *C. m.* subsp. *michiganensis.*O cancro bacteriano está presente praticamente em todas as áreas onde se cultiva o tomateiro para fins comerciais.

3.3 Gênero *Pseudomonas*

3.3.1 Queima Foliar – *Pseudomonas cichorii* – tomateiro

A queima das folhas do tomateiro foi descrita recentemente no Brasil e tem como agente causal a bactéria *Pseudomonas cichorii*. Essa bactéria já havia sido descrita como patógeno do tomateiro na Nova Zelândia e em Cuba (SILVA JÚNIOR et al., 2009).

Sintomatologia

Os sintomas são caracterizados por uma queima generalizada das folhas, diferentemente daquela observada na ‘mancha bacteriana pequena’, causada por *P. s.* pv. *tomato*, ou na ‘queima bacteriana’, causada por *P. s.* pv. *syringae*. As folhas apresentam lesões irregulares, encharcadas, que evoluem para necrose irregular do limbo foliar, com a ausência de halos cloróticos ao redor das lesões. A medula pode apresentar aspecto aquoso, chegando, e alguns casos, a se desintegrar. Pode ocorrer murcha da planta, sem sintomas externos. Quando o caule é seccionado transversalmente, observa-se a desintegração da medula, formando cavidades com tecidos escurecidos (Figura 16).

Figura 16 - Queima foliar em tomateiro causado por *Pseudomonas cichorii.*
Fonte:Os autores.

Etiologia

A 'queima das folhas' é ocasionada pela bactéria *P. cichorii*. Essa bactéria já foi descrita em inúmeras culturas de interesse econômico no Brasil, sendo diferenciada da espécie *P. syringae* por meio do teste de LOPAT, sendo levan negativa, reage positivamente para oxidase, não apresenta atividade pectinolítica em discos de batata, reage negativamente para arginina diidrolase e causa reação de hipersensibilidade em folhas de fumo, sendo enquadrada no Grupo III de Lelliot (LOPAT - + - - +).

Epidemiologia

Embora tenham sido inoculadas artificialmente mais de 20 plantas hospedeiras de *P. cichorii*, trabalhos desenvolvidos em 2009 (SILVA JÚNIOR et al., 2009) relacionados à gama de hospedeiros e à reação de genótipos de tomateiro à *P. cichorii* demonstram que os isolados originários de tomateiro provavelmente apresentem especialização patogênica ao tomateiro e ao girassol. Este trabalho tem importância do ponto de vista epidemiológico, uma vez que a gama de hospedeiros de *P. cichorii* no Brasil é grande, já sendo assinalada em aproximadamente 50 espécies de plantas somente no Brasil, porém há especialização patogênica o que, do ponto de vista teórico, diminui potenciais fontes de inóculo e formas de disseminação da bactéria.

3.3.2 Necrose da medula – *Pseudomonas corrugata* e *Pseudomonas mediterranea* – tomateiro

Essa bacteriose foi descrita como patógeno do tomateiro em nosso país em 1990, sendo ocasionada por *P. corrugata*, relatada nos estados de Goiás, Rio Grande do Sul e São Paulo. Em 2010, foi descrita uma outra doença bacteriana causando sintomas similares àqueles causados por *P. corrugata*, ocasionada por *P. mediterranea* (RODRIGUES et al., 2010).

Sintomatologia

Os sintomas mais característicos estão relacionados com a podridão da medula que, diferentemente daquela causada por bactérias pectinolíticas, é uma podridão seca. Inicialmente, os sintomas podem ser visualizados nas folhas superiores, que se mostram amarelecidas. Quando as hastes são seccionadas, nota-se necrose intensa, de coloração escura, que atinge o córtex e a medula. Em alguns casos, também se observa a emissão de raízes adventícias. Em ataques mais severos, podem ocorrer murcha e seca das plantas. Como os sintomas apresentados por *P. corrugata* e *P.*

mediteranea são extremamente similares, a diferenciação entre as duas espécies deve ser efetuada por testes bioquímicos e moleculares (Figura 17).

Figura 17 - Necrose da medula em tomateiro causado por *Pseudomonas corrugata.*
Foto: Valdemar Atílio Malavolta Júnior.

3.3.3 Bacteriose – *Pseudomonas* sp. – pimentão

Em fevereiro de 2018, foi isolada a bactéria *Pseudomonas* spp., em mudas de pimentão da variedade Dhara R, provenientes da região de Piracicaba, Estado de São Paulo, com sintomas semelhantes àqueles causados por fitobactérias. Esta cultivar consta como resistente para mancha bacteriana incitada por *Xanthomonas* sp, mas mostrou-se altamente suscetível à *Pseudomonas* spp., já nas fases iniciais de estabelecimento da cultura.

Sintomatologia

Inicialmente, as plantas apresentam lesões anasarcadas nas folhas. Essas lesões evoluem rapidamente, tomando grandes porções do limbo foliar. Em estágios mais avançados, grandes áreas do limbo foliar mostram-se anasarcadas. Em alguns casos, podem ocorrer a murcha e a morte de plantas. O surgimento de lesões em plântulas sugere que provavelmente a bactéria seja veiculada pela semente, mas isso precisa ser confirmado a partir de tentativas de isolamento dessa bactéria de lotes de semente de pimentão suspeitos (Figura 18).

Figura 18 - Bacteriose do pimentão causado por *Pseudomonas* sp.
Fonte: Os autores.

Etiologia

Essa bacteriose do pimentão é causada por uma bactéria fluorescente do gênero *Pseudomonas*. Trata-se de uma bactéria Gram negativa, oxidativa, fluorescente em meio B de King. O resultado do teste de LOPAT (- + - + +) não permitiu enquadrá-la em nenhum dos grupos propostos por Lelliott, Billing e Hayward (1966).

Epidemiologia

Provavelmente, trata-se de bacteriose veiculada pela semente, já que os sintomas foram observados em plântulas recém-emergidas, porém isso depende de confirmação. No campo, as plantas com sintomas podem funcionar de fonte de inóculo, visto ocorrer extrema exsudação bacteriana nas lesões. Em condições de casa-de-vegetação, a água de irrigação também é fator importante na disseminação da bactéria. O desenvolvimento dos sintomas é extremamente rápido, podendo comprometer todo o plantio em curto período de tempo.

3.3.4 Mancha Bacteriana Pequena – *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* – tomateiro

Essa moléstia bacteriana foi descrita no Brasil em 1959. É mais frequente nas regiões com temperaturas amenas, normalmente menores que 25 °C, sempre combinada com condições de alta temperatura.

Sintomatologia

Os sintomas são observados tanto nas folhas como nos frutos, causando redução na área foliar. Os sintomas foliares são extremamente semelhantes àqueles causados por *Xanthomonas* sp, na ‘mancha bacteriana’, o que implica, como já citado várias vezes, o isolamento e a caracterização do agente causal em laboratório. Nas folhas, as lesões são escuras, circundadas por um grande halo amarelado. Pode ocorrer coalescimento de lesões, com o comprometimento de grandes porções do limbo foliar. Também podem ser observadas lesões nos caules, nos pecíolos e no pedúnculo. Não raro, essa doença é confundida com a ‘mancha bacteriana’ ou até mesmo com algumas moléstias ocasionadas por fungos – ‘mancha de estenfílio’ ou ‘pinta preta’. Os sintomas mais característicos são observados nos frutos, com lesões superficiais, puntiformes, elevadas e escuras, que se destacam dos frutos com facilidade. Quando o ataque ocorre no início do plantio, os frutos podem apresentar deformações. Há outra doença também descrita na cultura do tomateiro em nosso país, causada pela mesma espécie bacteriana *Pseudomonas syringae*, porém o patovar é diferente – trata-se do patovar *syringae*. Essa bactéria foi detectada em nosso país em 1994 (ALMEIDA et al., 1994; MARINGONI; KUROZAWA; BARBOSA, 1994), causando sintomas similares àqueles descritos para a ‘Mancha Bacteriana’: pequenas lesões nas folhas, nos pecíolos e nas hastes das folhas, com a presença de halo clorótico não tão acentuado quanto aquele observado na ‘Pústula Bacteriana’. O diagnóstico diferencial dessas duas fitobactérias – *P.s.* pv. *tomato* e *P. s.* pv. *syringae* – só pode ser efetuado em condições de laboratório, utilizando-se, para isso, uma bateria de testes bioquímicos (Figura 19).

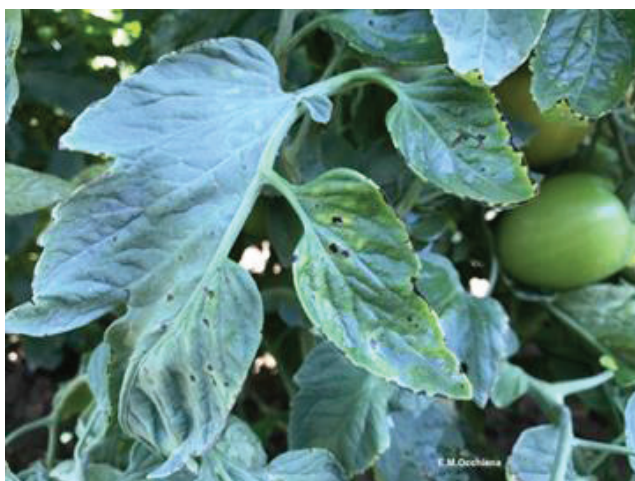



Figura 19 - Sintomas de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* em tomateiro.
Fonte: Os autores.

Epidemiologia

Pseudomonas syringae pv. *tomato* é uma fitobactéria veiculada pelas sementes e por plântulas contaminadas. O inóculo primário pode originar-se de restos culturais ou de outras plantas também hospedeiras de *P. s.* pv. *tomato*. As sementes são uma fonte particularmente importante de disseminação dessa bactéria, principalmente quando o cultivo é realizado em casa-de-vegetação. A bactéria também se dissemina por água de irrigação, por ferramentas e por implementos agrícolas ou mesmo pelas mãos contaminadas de trabalhadores, sendo a infecção favorecida quando a temperatura está entre 18 ^oC – 24 ^oC.

Etiologia

Pseudomonas syringae é uma bactéria Gram negativa, aeróbica restrita, produtora de pigmento fluorescente quando cultivada em meio B de King. A identificação da bactéria ao nível de espécie é relativamente simples. Através dos testes de produção de levan, oxidase, protopectinase em discos de batata, a produção de arginina diidrolase e a reação de hipersensibilidade em folhas de fumo, é possível diferenciar *P. syringae* de *P. cichorii*, ambas espécies patogênicas ao tomateiro. É o chamado teste LOPAT (Tabela 1).

Tabela 1 - Teste de LOPAT utilizado para a separação de bactérias do gênero *Pseudomonas*, fluorescentes em meio B de King

Lopat*		Levan	Oxidade	Protopectinase em batata	Argininina Diidrolase	Hipersensibilidade em fumo
I	*P. syringae*	+	-	-	-	+
II	*P. viridiflava*	-	-	+	-	+
III	*P. cichorii* *P. agarici*	-	+	-	-	+
IV	*P. marginalis*	+	+	+	+	-
V	*P. toolalasi*	-	+	-	+	-

Fonte: Lelliott, Billing e Hayward (1966).

A diferenciação dos patovares *syringae* e *tomato* implica a utilização de uma bateria de testes bioquímicos, envolvendo, entre outros carboidratos, o eritritol e ainda dois sais de ácidos orgânicos – DL - lactato e D (-) tartarato. Com relação à espécie *P. cichorii*, somente com a utilização do teste LOPAT é possível concluir a identificação ao nível de espécie.

3.4 Gênero *Ralstonia*

Seguramente, trata-se da doença bacteriana mais estudada em nível mundial. Ataca um grande número de plantas hospedeiras e, no Brasil, já foi relacionada em mais de 80 hospedeiros diferentes. Penetra na planta via ferimentos, mas a principal via de contaminação é o sistema radicular. A colonização dos vasos do xilema provoca o bloqueamento parcial ou total do transporte de água e de nutrientes. A formação de tiloses e o aumento dos níveis de etileno e ácido abscísico também estão associados ao processo infeccioso. Nos vasos do xilema, é possível detectar-se cerca de 10^{10} células/cm em plantas de tomateiro suscetíveis. Os polissacarídeos extracelulares aumentam a consistência e a adesão do fluido do xilema, dificultando o fluxo em direção às folhas, causando murcha e morte da planta.

3.4.1 Murcha Bacteriana – *Ralstonia solanacearum* – berinjela

O sintoma mais típico da *R. solanacearum* em berinjela é a murcha, que se inicia pela parte superior da planta, inicialmente observada nos períodos mais quentes do dia, com as folhas recuperando a turgidez à noite ou em períodos de temperaturas mais amenas. Se as condições ambientais são favoráveis, as plantas murcham completamente e morrem. Também se observam epinastia foliar e emissão de raízes adventícias, devido ao desbalanço de auxina e etileno que eventualmente pode ocorrer (OLIVEIRA; LOPES; MOURA, 2014).

3.4.2 Murcha bacteriana – *Ralstonia solanacearum* – tomateiro

A 'Murcha Bacteriana' ou a 'Murchadeira', sem margem de dúvida, trata-se da principal doença bacteriana do tomateiro, sendo assinalada em praticamente todos os estados brasileiros onde se cultiva o tomateiro. É uma das doenças bacterianas mais estudadas em nível mundial e que, até o momento, não tem nenhuma medida de controle efetiva.

Sintomatologia

Os sintomas observados são chamados de sintomas reflexos, caracterizados basicamente pela murcha da planta. No início da infecção, esses sintomas são observados nos períodos mais quentes do dia; mas, com a evolução da doença, as plantas passam a apresentar murcha irreversível. Inicialmente, os sintomas são observados em reboleiras; posteriormente, podem ser observados em todo o campo. A bactéria penetra na planta por aberturas naturais ou por ferimentos, mas a principal via de penetração é através do sistema vascular. Os tecidos colonizados apresentam-se degradados, originando cavidades no floema. A bactéria coloniza os vasos do xilema, dificultando ou mesmo impedindo a translocação de água e de nutrientes. Inicialmente, somente uma parte da planta pode ser afetada. As hastes das plantas doentes, principalmente aquelas próximas à base, bem como as raízes apresentam uma descoloração interna dos vasos. Quando os vasos são seccionados transversalmente, é possível observar-se exsudação bacteriana a partir dos vasos do xilema.

A murcha bacteriana causada por *R. solanacearum* talvez seja uma das poucas doenças bacterianas em que o diagnóstico pode ser realizado de forma presuntiva. Há dois testes que

permitem afirmar tratar-se de murcha por *R. solanacearum*: o primeiro deles é o chamado 'teste do copo', que consiste no seguinte: são seccionados pequenos fragmentos do xilema e colocados em um béquer com água – se o problema for realmente 'Murchadeira', em alguns segundos é possível visualizar-se a saída de pus bacteriano dos vasos (Figura 20). O segundo teste é a chamada 'câmara superúmida', em que uma haste com suspeita de infecção é seccionada, colocada em um recipiente com água e a haste seccionada é colocada em tubo de ensaio. Assim que a haste começar a sugar a água, caso esteja infectada por *R. solanacearum*, é possível observar-se, na região dos vasos do xilema, a exsudação de pus bacteriano (Figura 20).

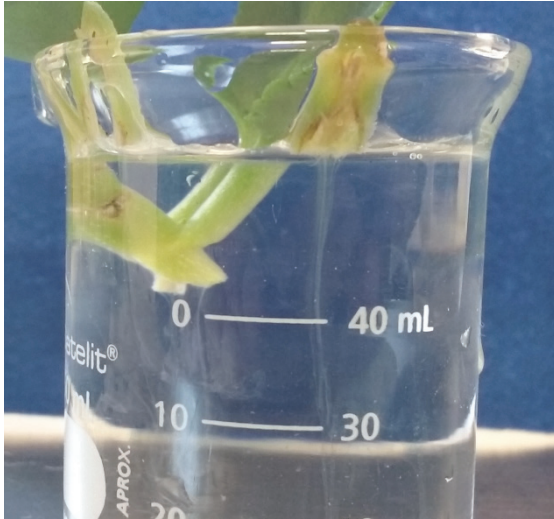



Figura 20 - *Ralstonia solanacearum*, teste do copo.
Fonte: Os autores.

Esses testes são eficientes na diferenciação de murcha ocasionada por *R. solanacearum* daquela que também pode ser causada por fungos – 'Murcha de Fusário' e 'Murcha de Estenfílio'. Em ambos os casos, é possível concluir-se tratar-se de *R. solanacearum*, porém a determinação de qual raça e/ou biovar envolvido demanda testes com hospedeiros diferenciais (raça) ou testes bioquímicos com alguns carboidratos ou sais de ácidos orgânicos (Figura 21).

Figura 21 - Murcha Bacteriana em tomateiro causada por *Ralstonia solanacearum.*
Foto: Carlos Alberto Lopes.

Etiologia

As células de *Ralstonia solanacearum* são caracterizadas como bastonetes retos ou levemente curvos, móveis por vários flagelos polares, Gram negativas, não esporogênicas, aeróbicas restritas. Armazenam grânulos de poli-β-hidroxibutirato. Essa espécie bacteriana está divida em várias raças, apresentando comportamento diferente frente a diferentes plantas hospedeiras (Tabela 2). Além dessa divisão, há também uma caracterização genotípica, incluindo quatro novos níveis taxonômicos: espécie, filotipo, sequevar e clone. Nas solanáceas são detectadas as raças 1 e 3, sendo a raça 1 prevalente nas condições tropicais, e a raça 3 nas regiões temperadas.

Tabela 2 - Raças de *Ralstonia solanacearum*

Raças	Hospedeiros
1	Solanáceas e algumas bananas diploides
2	Bananeiras e Helicônias
3	Batata e Tomate
4	Gengibre
5	Amoreira

Fonte: Os autores.

Ralstonia solanacearum é uma espécie complexa, em virtude da variabilidade fenotípica. Possui um grande círculo de hospedeiras, incluindo mais de 450 plantas de 50 famílias botânicas, estando presente em todo o mundo, nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas. É uma das fitobacterioses mais monitorada no mundo, devido à sua letalidade, persistência e extrema distribuição geográfica.

Em tomateiros do grupo Santa Cruz, quando cultivados em terrenos previamente utilizados para outros hospedeiros de *R. solanacearum*, a perda de produção pode ser total. Em áreas recém-desmatadas, cultivadas pela primeira vez com solanáceas, essas perdas podem chegar a 40%. Na região amazônica, em plantas de berinjela, as perdas também podem chegar a 40% (NETTO et al., 2004).

Epidemiologia

A murcha bacteriana, causada por *R. solanacearum*, já foi reportada em grande número de plantas hospedeiras, envolvendo mais de 50 famílias botânicas, sendo uma das fitobacterioses mais estudada ao nível mundial. Já foi relacionada em todos os estados do Brasil, sendo responsável por danos a várias culturas de interesse econômico. Essa bactéria é disseminada pelo solo aderido a equipamentos/máquinas, água, material de propagação vegetativa, como tubérculos, rizomas e mudas. As plantas normalmente são contaminadas via sistema radicular. Quando a bactéria penetra através de ferimentos, atinge os vasos do xilema, fazendo que esses vasos se tornem inoperantes, resultando na descoloração vascular e na morte de planta infectada.

Devido às perdas econômicas causadas, o conhecimento relacionado à ocorrência regional e à variabilidade do patógeno é fundamental. Atualmente, grande ênfase tem sido dada aos estudos de genética de populações bacterianas, que são cruciais para o entendimento dos mecanismos de resistência específicos para determinadas localizações e, consequentemente, para o desenvolvimento de estratégias de controle (MORAIS et al., 2015).

A murcha bacteriana causada por *R. solanacearum* é uma das doenças bacterianas mais destrutivas nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas. Essa bactéria tem um extensivo círculo de hospedeiras, afetando mais de 450 espécies. É considerada uma espécie complexa e, historicamente, foi subdividida em raças e biovares. Análises da região ITS (*Internal Transcribed*

Spacer) e dos genes da endonuclease, *hprB* e *mutS* permitiram subdividir esse complexo em quatro filotipos. O conhecimento da variabilidade genética de *R. solanacearum* é fundamental para as estratégias de controle e de obtenção de cultivares resistentes à murcha (COSTA; FERREIRA; LOPES, 2007). O solo é a principal fonte de inóculo, podendo sobreviver nele por mais de 40 anos em temperaturas entre 20 °C – 25 °C, mesmo na ausência de plantas hospedeiras. É transmitida a longas distâncias por rizomas e por tubérculos, ou até através de sementes, no caso do tomateiro e da berinjela.

3.5 Gênero Xanthomonas

3.5.1 Mancha bacteriana – *Xanthomonas* spp. – tomateiro

No Brasil, a mancha bacteriana causa danos severos em tomate rasteiro, para a indústria, e em tomate envarado, para consumo *in natura*. Encontra-se disseminada em todas as regiões produtoras do país, causando lesões em caules, folhas, cálices e frutos, comprometendo a produção e a qualidade comercial dos frutos. É uma das principais doenças da cultura e um complexo de espécies está associadoà mancha bacteriana do tomateiro que pode atacar também a cultura do pimentão. A resistência genética à *Xanthomonas* spp. é a forma mais viável para o estabelecimento de plantas sadias no campo; mas, para o tomate de mesa, a disponibilidade de materiais resistentes é restrita, o que torna seu controle extremamente dependente de produtos químicos, biológicos e indutores de resistência, com o agravante de as espécies de *Xanthomonas* poderem ocorrer simultaneamente com *Pseudomonas* spp., com sintomatologia muito parecida, dificultando as estratégias de manejo deste complexo de doenças e a identificação dos patógenos, ao nível de campo, pela diagnose visual.

Sintomatologia

Os sintomas iniciam-se na forma de pequenas lesões encharcadas, melhor observadas na face inferior das folhas, o que dificulta a percepção do início de ocorrência da doença; posteriormente, aparecem pontos necróticos bem característicos visualizados nas duas superfícies da folha, acompanhados de amarelecimento (Figura 22).

Figura 22 - Sintomas iniciais de *Xanthomonas* spp. em folhas de tomate (figura a esquerda) e sintomas mais velhos.

Fonte: Os autores.

Em folhas muito tenras, nos locais dessas pontuações, pode ocorrer ruptura do tecido. Em condições de alta umidade, um escurecimento mais encharcado nas bordas das folhas pode ser encontrado e provocará a queima de bordos das folhas. A bactéria causa também lesões nas hastes, nos cálices, nas sépalas, queda de flores e de frutos, em condição de alta severidade (Figura 23).

Figura 23 - Sintomas em folhas de *Xanthomonas* spp, mancha bacteriana do tomateiro.
Fonte: Os autores.

Em condições favoráveis à doença, sem que tenham sido adotadas medidas de controle, pode ocorrer destruição total das folhas. Nos frutos, as lesões são marrons, corticosas e são mais observados em tomate industrial que em tomates de mesa. Em tomate envarado, nas condições do Estado de São Paulo, para consumo *in natura*, apesar de se encontrarem plantas com a área foliar altamente comprometida, quase não se observam sintomas em frutos, e predomina a espécie *Xanthomonas perforans* como agente causal da mancha bacteriana (Figura 24).

Figura 24 - Sintomas em folhas de *Xanthomonas* spp., mancha bacteriana do tomateiro.
Fonte: Os autores.

Epidemiologia

A bactéria *Xanthomonas* spp., causadora da mancha bacteriana do tomateiro, tem como temperatura favorável para seu desenvolvimento a faixa de 20 ºC a 30 ºC; mas, nas regiões produtoras de tomate de mesa, mesmo em locais com temperaturas mais baixas, que ocorrem principalmente nas madrugadas, ela se desenvolve bem em condições de alta umidade.

Xanthomonas spp. penetra nas folhas principalmente pelos estômatos, mas qualquer ferimento na planta, provocado por agentes diversos, favorece sua penetração e colonização, e a condição de molhamento foliar é fundamental para a doença. Embora a maioria dos produtores com alta tecnologia não mais adotem o sistema de irrigação por aspersão nas lavouras, a bactéria se estabelece, quando o molhamento foliar ocorre por água de gutação, orvalho ou chuva (Figura 25).

Figura 25 - Condição de molhamento foliar, fundamental para o estabelecimento de *Xanthomonas* spp., mancha bacteriana do tomateiro.
Fonte: Os autores.

A mancha bacteriana do tomateiro também é transmitida pela semente, daí a importância de se trabalhar com mudas sadias no estabelecimento da cultura, e algumas plantas daninhas também são hospedeiras do patógeno, o que favorece o seu estabelecimento em novos cultivos.

Especialmente para tomate industrial, as plantas tigueras, plantas que germinam de frutos deixados no solo de cultivos anteriores, são responsáveis pela disseminação da doença.

Etiologia

O agente causal *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, responsável anteriormente pela mancha bacteriana do tomateiro, foi reclassificado, baseado na hibridação de DNA, em quatro espécies, *X. euvesicatoria*, *X. perforans*, *X. vesicatoria* e *X. gardneri*. Dessa forma, a caracterização de *Xanthomonas* patogênicas ao tomateiro não pode ser efetuada por técnicas clássicas e culturais (testes bioquímicos, fisiológicos etc.). Essa caracterização atualmente é realizada por testes moleculares, jamais deve ser efetuada pela diagnose visual de campo (Figura 26).

A - Xanthomonas gardneri　　*B - Xanthomonas perforans*

Figura 26 - Identificação das espécies causadoras de mancha bacteriana somente por testes moleculares e não por diagnose visual no campo.

Fonte: Os autores.

4 Alternativas gerais de controle

Para se estabelecer um manejo para controle de bacterioses nas diversas culturas que representam o grupo de hortaliças, é preciso conhecer os componentes que predispõem à ocorrência dessas no campo, assim como a etiologia e a epidemiologia das respectivas doenças.

Tratos culturais e práticas de manejo fazem parte da rotina dos produtores e nem sempre podem ser evitadas, assim como escolher horas mais adequadas para se trabalhar na lavoura.

Assim sendo, cabe adotar cuidados básicos para evitar o progresso e a disseminação das bacterioses no campo, a saber: escolha do local de plantio (embora nem sempre o produtor possa fazer isso), escolha de variedades menos suscetíveis ou resistentes às doenças (caso estejam disponíveis no mercado), práticas culturais que causem menos injúrias possíveis às plantas, adoção de um programa de controle preventivo de doenças com produtos químicos, biológicos ou indutores de resistência, quando devidamente registrados e autorizados pelo Ministério da Agricultura para uso nas culturas, respeitando-se sempre as recomendações de bula e o intervalo de segurança estabelecidos.

Resumindo, podemos considerar como relevantes os seguintes pontos para mitigação das doenças bacterianas no campo:

1- Escolha do local menos favorável à ocorrência do patógeno;

2- Uso de substratos livres de patógenos, especialmente em cultivos protegidos;

3- Escolha de materiais geneticamente mais resistentes, quando disponíveis no mercado;

4- Definição de um programa equilibrado de nutrição que vai desde o estabelecimento da cultura, complementando-se com aplicações foliares de micro e macro nutrientes nos diferentes estádios vegetativos;

5- Cuidado no uso e na forma de disponibilizar água. Água em excesso nas folhas favorece a infecção foliar e, no solo, a veiculação de bactérias causadoras de murcha;

6- Eliminação de plantas voluntárias hospedeiras e restos de colheita no campo;

7- Treinamento do pessoal de campo para conhecimento das práticas culturais que são fatores predisponentes para disseminação das doenças e como minimizar os riscos de infecção;

8- Adoção de um programa preventivo de controle com produtos químicos, biológicos ou indutores de resistência;

9- Fazer rotação de culturas com espécies que não sejam alvos;

10- Realizar um bom programa de tratamento em pré e pós-colheita para diminuir perdas durante o transporte e a comercialização final.

5 Referências

ALMEIDA, I. M. G. et al. Ocorrência de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* em tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 47, 1994.

______; MALAVOLTA JUNIOR, V. A.; ROBBS, C. F. Cancro bacteriano do pimentão; infecção sistêmica com transmissão por sementes. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 112-115, 1996.

BERIAM, L. O. S.; MALAVOLTA, JR., V. A. Crestamento bacteriano em folhas de meloeiro (*Cucumis melo* L.) causado por *Pseudomonas cichorii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 65, n. 1, p. 103-105, 1998.

BOGO, A.; TAKATSU, A. Virulência de isolados de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* em pimentão e tomate. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 4, p. 535-538, 1997.

BRADBURY, J. F. **Guide to plant pathogenic bacteria**. Kew: CAB International, 1986.

COSTA, S. B.; FERREIRA, M. A. S. V.; LOPES, C. A. Diversidade patogênica e molecular de *Ralstonia solanacearum* da região amazônica brasileira. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 4, p. 285-294, 2007.

DIAS, S. C.; TAKATSU, A. Pústula bacteriana do pimentão (*Capsicum annum*) causada por *Corynebacterium michiganensis* no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 10, 1989.

GOTO, M. **Fundamentals of bacterial plant pathology**. San Diego: Academic Press, 1992.

HENZ, G. P.; LOPES, C. A. Ocorrência da podridão mole de frutos de abóbora (*Cucurbita moschata*) causada por *Erwinia chrysanthemi*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, supl., p. S221, 2004.

HOLT, J. G. et al. **Bergey´s manual of determinative bacteriology**. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994.

JAREK, T. M. & RUARO, L. Ocorrência de *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae* causando mancha bacteriana em folhas de aboboreira no Paraná. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 36, supl., p. 05-26, 2011.

JARIAL, K.; JARIAL, R. S.; GUPTA, S. K. Bacterial spot (*Xanthomonas cucurbitae*) of cucurbits: a review. **NBU Journal of Plant Sciences**, Darjeeling, v. 9, no. 1, p. 33-39, 2015.

KIMURA, O. et al. Etiologia da ‘barriga d’água’ em frutos de melão ocorrendo no sul da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 2, p. XLV, 1991.

LELLIOTT, R. A.; BILLING, R. A.; HAYWARD, A. C. A determinative scheme for the fluorescent plant pathogenic pseudomonads. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 29, no. 3, p. 470-489, 1966.

MALAVOLTA JR., V. A. et al. Bactérias fitopatogênicas assinaladas no Brasil: uma atualização. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, supl. esp., p. 9-88, 2008.

______; RODRIGUES NETO, J.; ALMEIDA, I. M. G. Podridão bacteriana em abóbora Tetsukabuto. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 129-130, 2000.

MARINGONI, A. C.; KUROZAWA, C.; BARBOSA, V. Ocorrência de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* em tomateiro na região de Patos de Minas, MG. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 49, 1994.

______; LEITE JR., R. P.; KONORI, N. Nova doença bacteriana em pepino (*Cucumis melo* L.) causada por *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae* (BRYAN) DYE no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 14, n. 3-4. p. 225-230, 1988.

MORAIS, T. P. et al. Occurrence and diversity of *Ralstonia solanacearum* populations in Brazil. **Bioscience Jounal**, Uberlândia, v. 31. n. 6, p. 1722-1737. 2015

NETTO, R. A. C. et al. Murcha bacteriana no estado do Amazonas, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 21-27, 2004.

NEWBERRY, E. A. et al. Angular leaf spot is associated with genetically diverse *Pseudomonas syringae* strains. **Plant Disease**, St. Paul., v. 100, no. 7, p. 1397-1404, 2016.

OLIVEIRA, I. T.; LOPES, C. A.; MOURA, A. B. Fruit yield and bacterial wilt symptoms on eggplant genotypes grown in soil infested with *Ralstonia solanacearum*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 4, p. 453-457, 2014.

OLIVEIRA, J. C. et al. Caracterização de isolados de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 6, p. 480-487, 2007.

PEREIRA, A. L. G. et al. Ocorrência de uma nova doença bacteriana em melão (*Cucumis melo* L.) causada por *Xanthomonas* sp. **O Biológico**, São Paulo, v. XLV, p. 89-90, 1975.

QUEZADO-SOARES, A. M.; CRUZ, D. M.; LOPES, C. A. Murcha bacteriana em pepino sob estufa plástica no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, supl, p. 300, 1995.

______; SOUZA, R. M.; TAKATSU, A. Ocorrência de mancha angular do pepino (*Cucumis melo*) causada por *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 2, p 126, 1990.

ROBBS, C. F.; KIMURA, O.; BARBOSA, G. A. A. O ‘crestamento bacteriano da aboboeira’, enfermidade nova para o Brasil. **Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 105-106, 1972.

______; RODRIGUES NETO, J.; BERIAM, L. O. S. Podridões de frutos de melão em pós-colheita causadas por bactérias no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p. 195, 1992.

______ et al. Deterioração da polpa em frutos de melão causada por *Enterobacter cloacae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, supl, p. 281, 1995.

RODRIGUES, L. M. R. et al. Occurrence of *Pseudomonas mediterranea* on tomato in Brazil. **Plant Pathology**, Oxford, v. 59, no. 4, p.797, 2010.

RODRIGUES NETO, J.; SUGIMORI, M. H.; OLIVEIRA, A. R. Podridão bacteriana dos frutos do melão (*Cucumis melo* L.) causada por *Xanthomonas campestris* pv. *melonis*, pv. nov. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 217-233, 1984.

ROMEIRO, R. S. et al. Ocorrência de podridão aquosa causada por *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* em frutos de melão amarelo (*Cucumis melo* L.) no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, supl., p. S232, 2004.

SALAMANCA, L. R. **Bacterial diseases of pumpkins: an old enemy and emerging bacterialdisease**. 2014. Disponível em: <http://msue.msu.edu/news/bacterial_diseases_of_pmpikns_an_old_enemy_and_an_emerging_bacterial_disease>. Acesso: 08 mar. 2018.

SAMSON, R. et al. Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Brenner et al., 1973) Hauben et al., 1998 and *Brenneria paradisica* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* com. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species: *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zeae* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, London, v. 55, no. 4, p. 1415-1427, 2005.

SINGH, S. et al. Genetic approaches for mitigating losses caused by bacterial wilt of tomato in tropical islands. **European Journal of Plant Pathology**, Netherlands, v. 143, no. 2, p. 205-221, 2015.

SINIGAGLIA, C. et al. Bacterial wilt of summer squash (*Cucurbita pepo*) caused by *Ralstonia solanacearum* in State of São Paulo, Brazil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 27, n. 2, p. 251-253, 2001.

SILVA JÚNIOR, T. A. F. et al. Gama de hospedeiros e reação de genótipos de tomateiro a *Pseudomonas cichorii*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 172-131, 2009.

______. Ocorrência de *Pseudomonas cichorii* em tomateiro no Estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 2, p. 285-290, 2009.

TSITSIGIANNIS, D. et al. Major diseases of tomato, pepper and egg plant in greenhouses. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, London, v. 2, special issue 1, p. 106-124, 2008.

UENO, B. & LEITE JR., R. P. Ocorrência de *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*em melão Net no Estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 65, 1997.

Viroses

Marcelo Agenor Pavan, Renate Krause Sakate, Monika Fecury Moura e Renato de Souza Braga

1 Introdução

Entre as doenças que afetam as cucurbitáceas, aquelas causadas por vírus são difíceis de controlar e podem ser muito destrutivas. Sua incidência e gravidade podem variar, dependendo das relações complexas entre patógenos, hospedeiros, vetores, ambiente e as localidades em que ocorrem. É importante identificar os agentes causadores das doenças virais e, quando possível, adotar estratégias para minimizar seu impacto na produção e na qualidade das culturas de cucurbitáceas.

Durante anos, o controle químico de vetores e a erradicação de fonte de inóculo de vírus foram os principais meios de prevenção de doenças virais. Óleos minerais, inseticidas como piretroides, coberturas refletoras ainda são utilizados. Destruição de culturas infectadas após a colheita e saneamento rigoroso em culturas em cultivo protegido são recomendados, mas são apenas parcialmente eficazes.

2 Viroses das cucurbitáceas

2.1 Principais viroses em Cucurbitáceas

Muito esforço tem sido direcionado para a localização de fontes de resistência hereditária em *Cucumis sativus*, *C. melo*, *Cucurbita* spp. e *Citrullus* spp. A resistência à infecção viral é estável e durável; portanto a melhor abordagem é a obtenção de cultivares resistentes, e vários genes de resistência a vírus estão disponíveis atualmente para produtores de cucurbitáceas. Novas estratégias para induzir resistência viral são baseadas em engenharia genética.

Umgrande número de vírus foi relatado em vários países em cucurbitáceas infectadas. Mais de 30 são listados na literatura infectando cucurbitáceas, a maioria dos quais são considerados economicamente importantes. Esses vírus podem infectar várias espécies pertencentes a diferentes gêneros e famílias, mas algumas parecem restritas às cucurbitáceas. Nove espécies de vírus são conhecidas por serem associadas às sementes em cucurbitáceas. Nas condições brasileiras, destacamos o *Squach mosaic virus*. Detectado no Brasil na década de 90, o *Zucchini yellow mosaic virus* (Mosaico amarelo da abobrinha-de-moita)vem-se tornando o agente viral com incidência expressiva e mais destrutivo que afeta as cucurbitáceas nas nossas condições.

As viroses que ocorrem em cucurbitáceas não podem ser diferenciadas entre si apenas por observação visual dos hospedeiros infectados, uma vez que todas causam sintomas do tipo mosaico. Além disso, a ocorrência de infecções múltiplas é comum; portanto nenhum método usado isoladamente é perfeitamente seguro para a correta diagnose da doença. Assim sendo, a

diagnose deve ser feita por meio de diferentes métodos, tais como inoculações em hospedeiras diferenciais, testes sorológicos e moleculares, microscopia eletrônica e transmissão por vetor. Os vírus mais comumente encontrados causando mosaico em cucurbitáceas estão descritos a seguir.

2.1.1 Mosaico da melancia – *Papaya ringspot virus - type W* – PRSV-W

Dos vírus constatados em cucurbitáceas no Brasil, o PRSV-W é um dos principais associados a cucurbitáceas cultivadas. O PRSV-W é amplamente distribuído no mundo, porém é comumente encontrado em regiões de clima tropical. Assim, a doença parece ser mais grave durante as estações mais quentes. Os danos na produção causados pelo mosaico da melancia, também chamado de mosaico comum, já foram estimados em vários países e a virose pode ser limitante na produção de diversas cucurbitáceas, principalmente quando a infecção ocorre no início do ciclo. Abobrinha de moita (*Cucurbita pepo* cv. Caserta) infectada antes do florescimento praticamente não produz frutos e os que se formam não são comerciais.

O PRSV-W infecta todas as cucurbitáceas. Os sintomas iniciais geralmente aparecem nas primeiras folhas infectadas, que mostram um amarelecimento entre as nervuras. Mais tarde, aparecem sintomas de mosaico, deformação de folhas e bolhas (Figura 1-A). Plantas infectadas apresentam-se atrofiadas. Os frutos podem apresentar deformações e mudança de cor (Figura 1-B). Os sintomas variam com a patogenicidade do isolado e com a suscetibilidade do hospedeiro. Em algumas variedades de abóbora rasteira (*C. moschata*), os sintomas são menos intensos por causa da tolerância das plantas.

Figura 1 - Mosaico em pepino (A). Deformação em frutos de abóbora híbrida ‘Takayama’ – Tetsukabuto (B) (esquerda infectada e direita sadia), causados por PRSV-W.
Foto: M. A. Pavan (2014) (A). J. A. M. Rezende (B).

O vírus causador do mosaico da melancia (*Papaya ringspot virus - type watermelon* - PRSV-W) é uma espécie do gênero *Potyvirus*, família *Potiviridae*. É transmitido por, pelo menos, 21 espécies de afídeos em 11 gêneros diferentes, de maneira não persistente, mas não por semente. A gama de hospedeiros do PRSV-W é restrita às cucurbitáceas.

O controle dessa virose, bem como das demais descritas a seguir, não é tarefa fácil. Sempre que possível, devem-se usar variedades resistentes ou tolerantes, portanto este é o tipo de

controle mais recomendado e, atualmente, a variedade Diplomata, do Tipo Caipira, possui bom nível de resistência ao PRSW-W, podendo ser utilizada nas áreas produtoras de pepino. Em abóbora, a maioria das cultivares e dos híbridos é suscetível, contudo há híbridos com moderada resistência. Nas abobrinhas de moita,existem cultivares e híbridos com alto nível de resistência e moderadamente resistentes, como as variedades Piramoita e Menina Brasileira e o híbrido Aline, Daine, entre outros.

Experimentalmente, a premunização de plantas com estirpes fracas do vírus é eficiente para o controle do mosaico causado pelo PRSV-W em abobrinha de moita da variedade Caserta, em abóbora rasteira da variedade Menina Brasileira e em abóbora híbrida do tipo Tetsukabuto (*C. maxima* x *C. moschata*), porém a aplicação comercial dessa tecnologia ainda é incipiente.

O controle químico dos afídeos vetores por meio de pulverizações com inseticidas é eficiente apenas para a redução da população de espécies de pulgões que colonizam a cultura, mas geralmente não é eficiente para reduzir a disseminação do PRSV-W dentro da cultura. A eficiência dos inseticidas na redução da incidência de vírus de relação não persistente com o vetor é baixa ou quase nula. Isso se deve provavelmente ao fato de os inseticidas existentes não serem suficientemente rápidos para matarem os afídeos antes da inoculação dos vírus na planta. Em alguns casos, a aplicação de inseticidas pode até aumentar a incidência dos vírus de relação não persistente, devido à excitação causada pelos produtos durante as picadas de prova dos afídeos.

O uso de coberturas reflexivas e de óleos minerais aplicados via pulverização é eficaz na redução dessa doença. Entretanto a pulverização com óleo mineral não oferece a proteção desejada, podendo inclusive causar fitotoxidez. Em cultivo protegido, podem ser utilizados plásticos repelentes e telas antiafídicas.

É recomendado também evitar a implantação de novos plantios próximos a campos com cucurbitáceas velhas e ervas daninhas que possam atuar como fonte de inóculo. Caso ocorra cultivo subsequente durante o ano, deve-se manter um período de duas semanas sem cucurbitáceas no local para o ciclo biológico do vírus se romper.

2.1.2 Mosaico amarelo da abobrinha-de-moita – *Zucchini yellow mosaic virus* – ZYMV

O vírus do mosaico amarelo da abobrinha de moita foi detectado no Brasil no início da década de 90, embora haja evidências de que já estaria presente no país há mais tempo, porém com incidência inexpressiva. Estudos recentes sobre vírus que infectam cucurbitáceas em diferentes estados brasileiros mostraram um aumento significativo na incidência do ZYMV, sendo precedido apenas pelo PRSV-W. Esse fato é preocupante, pois, em outros países onde o ZYMV é predominante, os danos quantitativos e qualitativos na produção são drásticos. A abobrinha de moita é altamente intolerante a essa virose. Plantas infectadas antes do florescimento não produzem frutos comerciais.

Praticamente todas as espécies de cucurbitáceas são suscetíveis ao ZYMV. Os sintomas em folhas exibem cloroses amareladas entre as nervuras principais, com severo mosaico, além de apresentarem redução e deformação do limbo (Figura 2). Há acentuada redução do desenvolvimento das plantas e geralmente as plantas infectadas não produzem frutos ou produzem frutos malformados, inviáveis para o mercado.

Figura 2 - Mosaico em abobrinha de moita causado pelo ZYMV.
Foto: Katia Regiane Brunelli.

O ZYMV é uma espécie do gênero *Potyvirus*, família *Potyviridae*. A sua transmissão na natureza é feita por diversas espécies de afídeos, sendo a relação vírus vetor do tipo não persistente. Pelo menos 10 espécies de afídeos já foram relatadas como vetoras desse potyvirus: *Acyrthosiphon kondoi*, *A. pisum*, *Aphis craccivora*, *A. gossypii*, *A. middletonii*, *A. spireacola*, *Lypaphis erysimi*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Uroleucon* sp. Há relatos também sobre a transmissão do ZYMV por sementes de *C. pepo*, com taxas de 1,0% e 0,047%, porém as informações encontradas na literatura são conflitantes. Ausência de transmissão pela semente foi relatada em testes com *Cucurbita maxima*, *C. moschata*, *Cucumis melo* e *C. sativus*. Fora da família Cucurbitaceae, foi relatada a transmissão do ZYMV por sementes de *Ranunculus sardous*.

O círculo de hospedeiros experimentais do ZYMV inclui espécies de 11 famílias de dicotiledôneas, embora a infecção natural com esse vírus tenha sido relatada principalmente em espécies da família Cucurbitaceae. As principais espécies cultivadas dessa família já foram relatadas como sendo suscetíveis ao ZYMV. Na Jordânia, *Moluccella laevis* (*Lamiaceae*) foi descrita como reservatório natural de ZYMV.

As mesmas recomendações de controle para o mosaico da melancia são válidas para o mosaico amarelo. Fontes de resistência para esse vírus são encontradas em *Citrullus* spp. e *Cucumis melo*.

Resistência moderada é encontrada em abóbora, como Mirian, e em abobrinha de moita com alto nível de resistência. Em pepino, temos híbridos que apresentam alto nível de resistência.

2.1.3 Mosaico da melancia – *Watermelon mosaic virus* – WMV

O mosaico da melancia, que é ocasionado pelo *Watermelon mosaic virus* (WMV), é um vírus que tem sido encontrado no mundo todo, embora seja mais comum em regiões temperadas. No Brasil, foi encontrado em 1985, infectando naturalmente abobrinha na região de Campinas, SP. A partir de então, não tem sido encontrado com frequência, exceto em áreas produtoras de cucurbitáceas nos estados de Pernambuco e da Bahia, onde tem predominado em alguns anos.

Em geral, os sintomas causados por esse vírus em cucurbitáceas são semelhantes aos induzidos pelo PRSV-W. Esse fato torna impossível a separação dessas duas viroses no campo, por meio da sintomatologia.

OWMV, anteriormente denominado *Watermelon mosaic virus - 2* (WMV-2), em termos gerais, apresenta as mesmas características morfológicas e epidemiológicas do PRSV-W, exceto a gama de hospedeiros. Enquanto o PRSV-W infecta exclusivamente espécies da família Cucurbitaceae, o WMV também infecta plantas das famílias Leguminosae, Euphorbiaceae e Chenopodiaceae. Para diagnose, além da sorologia, é possível usar hospedeiras diferenciais, tais como *Chenopodium amaranticolor*, *C. quinoa* e *Gomphrena globosa* (lesão local), *Phaseolus vulgaris* 'Black turtle - 2' (mosaico) e *Luffa acuntangula* (imune).

As medidas gerais de controle recomendadas para PRSV-W podem ser também adotadas para WMV. Fontes de resistência para WMV são encontradas em melancia introduzida da Nigéria, 'Egusi' (*Citrullus colocynthis*) e as introduções PI 494528 e PI 494532, que podem ser usadas em programas de melhoramento genético. Variedades de *C. lanatus* da África parecem possuir certo nível de tolerância. O controle químico dos afídeos vetores apresenta a mesma restrição apontada para os dois potyvirus anteriores, uma vez que esse potyvirus também é transmitido de forma não persisitente por inúmeras espécies de pulgões.

2.1.4 Clorose letal da abobrinha-de-moita – *Zucchini lethal chlorosis virus* – ZLCV (Gênero *Orthotospovirus - Tospovirus*)

As cucurbitáceas são altamente suscetíveis aos vírus pertencentes ao gênero *Orthotospovirus* (*Tospovirus*), que causam a doença conhecida por vira-cabeça. Trata-se de uma virose que tem aumentado em incidência nos últimos anos, chegando, em alguns casos, a atingir 100% das plantas. No caso de abobrinha de moita, a redução na produção nas plantas infectadas é total.

Plantas de abobrinha de moita infectadas apresentam como sintoma inicial uma coloração verde-clara em todas as folhas. Em seguida, as folhas mais novas tornam-se cloróticas e os bordos encurvados para cima (Figura 3). As folhas basais normalmente mostram necrose sistêmica. As plantas infectadas definham e morrem em pouco tempo, especialmente quando infectadas ainda jovens. Plantas adultas, após o florescimento, exibem os mesmos sintomas, mas não morrem. Elas se tornam atrofiadas e têm sua produção drasticamente reduzida.

Em abóbora 'Menina Brasileira', os sintomas são caracterizados principalmente por mosaico amarelo, rugosidade foliar, internódios reduzidos e folhas levemente encurvadas nas bordas. Diferentemente de abobrinha de moita, não ocorre a morte da planta.

Os sintomas induzidos pelo ZLCV em melancia incluem mosaico, epinastia, rugosidade e deformações foliares, acompanhados por necrose nas folhas e na haste, próximas do ponteiro, e redução dos internódios. A planta apresenta desenvolvimento reduzido. Em caso de infecção mista com o PRSV-W, notam-se frutos menores, com pontos necróticos na casca e descoloração interna. Não se sabe se esses sintomas são exclusivos do ZLCV ou originários da infecção mista.

Figura 3 - Mosaico e necrose anelar em folhas de melancia e deformação em frutos causados pelo ZYMV.
Foto: Evelynne Urzedo Leão.

O ZLCV pertence ao gênero *Tospovirus*, família *Bunyaviridae*. Os tospovírus, em geral, são transmitidos, na natureza, apenas por tripes (Thysanoptera: Thripidae). O ZLCV é transmitido por *Franchliniella zucchini*, mas não há relatos de transmissão por outras espécies de tripes. A relação vírus-vetor é do tipo persistente propagativa, mas não há transmissão transovariana.

O círculo de hospedeiros do ZLCV, além de diversas cucurbitáceas, inclui espécies das famílias Amaranthaceae e Solanaceae. Pouco se conhece sobre a epidemiologia dessa virose em campo.

Como métodos de controle, incluem-se produção de mudas sadias sob telados à prova de tripes, eliminação de hospedeiros do vírus e do vetor próximo ao local de produção e aplicação de inseticidas, durante a obtenção de mudas e no início do desenvolvimento das plantas no campo, para reduzir a população de vetores. Não há conhecimento sobre resistência varietal das diferentes cucurbitáceas.

2.1.5 Mosaico do pepino – *Cucumber mosaic virus* – CMV

O vírus do mosaico do pepino tem pouca importância por sua baixa incidência em cucurbitáceas em todas as regiões produtoras.

Todas as cucurbitáceas são suscetíveis, embora raramente ocorra em melancia. Os primeiros sintomas aparecem em folhas jovens com epinastia. Essas folhas tornam-se mosqueadas, retorcidas, enrugadas e de tamanho reduzido. A planta apresenta internódios curtos, resultando em uma roseta. Frutos apresentam-se deformados, mosqueados, verrugosos e de tamanho reduzido. Se ocorrer infecção tardia, o desenvolvimento da planta pode não ser afetado, mas o fruto pode ser de qualidade inferior e deformado.

O CMV pertence ao gênero *Cucumovirus*. Na natureza, sua transmissão se dá por afídeos, de maneira não persistente. Mais de 60 espécies de afídeos transmitem o vírus, mas *Myzus persicae* e *Aphis gossypii* são os mais importantes. O CMV tem uma gama de hospedeiro muito vasta e inclui mais de 800 espécies vegetais, cultivadas ou ervas daninhas. Embora não haja evidência da transmissão desse vírus por sementes de cucurbitáceas, ele pode ser levado através de sementes de diversas outras espécies de plantas.

O mosaico causado pelo CMV pode ser controlado por meio do uso de variedades resistentes. As recomendações adicionais para o controle dos mosaicos causados pelo PRSV-W e ZYMV também são válidas para o mosaico do pepino. O controle químico dos afídeos vetores apresenta a mesma restrição apontada para PRSV-W e ZYMV, uma vez que o CMV também é transmitido de forma não persistente por inúmeras espécies de pulgões.

2.1.6 Mosaico da abóbora – *Squash mosaic virus* – SqMV

O mosaico da abóbora causado pelo SqMV é mais frequente no Distrito Federal e nas Regiões Norte e Nordeste. A doença é muito importante em melão e em abóbora, embora uma estirpe do vírus também infecte melancia. Observam-se como sintomas clareamento e manchas cloróticas em folhas mais jovens, com formação de manchas verde-claras ou escuras, além de projeções irregulares marginais, resultantes do retardamento do desenvolvimento dos tecidos foliares. Em folhas cotiledonares de pepino, observam-se numerosas manchas circulares cloróticas e, no primeiro par de folhas, manchas amareladas e nervuras claras, proeminentes e amareladas. As folhas apresentam-se aneladas, em forma de taça. Com o desenvolvimento da planta, as novas folhas apresentam pouco ou nenhum sintoma. Esse fato dificulta a diagnose da doença algumas semanas após a inoculação do vírus. SqMV reduz significativamente o número de frutos por planta, retarda a sua maturação, contudo não afetao tamanho, o peso e o total de sólidos solúveis.

O SqMV pertence ao gênero *Comovirus*, família *Comoviridae*, e apresenta partículas isométricas com 30 nm de diâmetro. A transmissão por semente ocorre na freqüência aproximada de ± 10 %. Não é transmitido por pólen e a transmissão por vetor ocorre através de coleópteros. As espécies vetoras constatadas são *Diabrotica bivittula*, *D. speciosa* e *Epilachma cacica* e a relação vírus-vetor é do tipo persistente.

A maior parte das plantas suscetíveis ao SqMV está entre as cucurbitáceas, contudo a espécie *Cucumis metuliferus* pode apresentar imunidade. Esse vírus pode infectar, ainda, algumas espécies das famílias Leguminosae, Umbelliferae e Hydrophyllaceae.

A doença é melhor controlada com o uso de sementes livres de vírus. Para evitar a disseminação em campo, recomendam-se pulverizações com inseticidas para eliminar os besouros transmissores. Não há variedades resistentes ou tolerantes.

3 Viroses das solanáceas (tomate e pimentão)

3.1 Principais viroses do tomateiro

Os principais vírus que infectam o tomateiro atualmente são os pertencentes ao gênero *Begomovirus*, gênero *Orthotospovirus* e gênero *Crinivirus*. A seguir, serão abordados os principais aspectos de cada vírus.

3.1.1 Gênero *Begomovirus*

Os vírus pertencentes ao gênero *Begomovirus* pertencem à família *Geminiviridae.* São caracterizados pela morfologia de partículas icosaédricas (18-20 x 30-32 nm) geminadas e genoma composto por um ou dois componentes de DNA de fita simples circular (ssDNA). Há uma grande variabilidade genética de espécies de begomovírus infectando tomateiro no Brasil, dentre as quais podemos citar a espécie *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) como predominante no Sudeste e no Centro-Oeste, enquanto o *Tomato mottle leaf curl virus* (ToMoLCV) predomina no Nordeste.

Os sintomas são bastante diversos em tomateiro, incluindo clareamento de nervuras, manchas cloróticas, clorose internerval, mosaico, deformação foliar, diminuição do limbo foliar, enrolamento foliar e nanismo (Figura 4).

Figura 4 - Sintomas ocasionados pelo *Tomato severe rugose virus* em tomateiro.
Foto: Marcos Roberto Ribeiro Junior.

Os begomovírus são transmitidos pela mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e sua relação é do tipo persistente circulativa, na qual o vírus circula pela hemolinfa do inseto, porém não replica no vetor. O início da transmissão ocorre após um período de latência, que corresponde ao tempo necessário para que as partículas virais atravessem todas as barreiras do inseto e alcancem as glândulas salivares. A mosca-branca permanece virulífera (capaz de transmitir o vírus) até praticamente o fim de sua vida.

O controle dessa virose inclui diversas medidas, dentre as quais o controle químico é bastante empregado. A eficiência é baixa na presença de altas populações do inseto, e a rotação de moléculas com diferentes princípios de ação sobre ele deve ser utilizada a fim de evitar o aparecimento de insetos resistentes aos inseticidas.

O uso de plantas com resistência genética a begomovírus representa uma realidade para a cultura do tomateiro (Tabela 1). Há híbridos F1 comercias com resistência moderada ou tolerância a begomovírus. Esses híbridos possuem um ou mais dos principais genes de resistência conhecidos, como *Ty-1*, *Ty-2*, *Ty-3*, *Ty-4*, *Ty-5*, *ty-5*, *tcm-1*e *tgr-1*. Esses genes foram identificados em programas de melhoramento visando à resistência ao *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), um begomovírus que não ocorre no Brasil, porém é o principal begomovírus que ocorre na Europa. A resistência conferida por esses genes aos begomovírus existentes no Brasil não é completa. As cultivares são menos suscetíveis à infecção e, quando infectadas, os sintomas são mais brandos, com expressão de leves manchas cloróticas.

Tabela 1 – Relação de materiais comerciais resistentes ou tolerantes à infecção viral em tomateiro no Brasil. Nomes comerciais, tipo, empresa produtora de semente e resistência (2018)

Nome	Tipo	Empresa	Resistências
Timex	Salada Indeterminado	Clause	V,F2,TS,TY
Batalha	Salada Indeterminado	Clause	V,F3,TS,TY
Duncan	Salada Indeterminado	Clause	V,F3,ToMV,TS,St
Tymex	Salada Indeterminado	Clause	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Norty	Santa Cruz Indeterminado	Clause	V,F2,PTO,TS,TY
Campestre	Santa Cruz Indeterminado	Clause	V,F2,PTO,TS
Guara	Saladete Indeterminado	Clause	V,F3,TS,TY
Colt	Saladete Indeterminado	Clause	V,F3,TS,TY
Silvestre	Saladete Indeterminado	Clause	V,F2,TS,TY
Escudero	Saladete Indeterminado	Clause	V,F2,TS,TY
Cerrado	Salada Indeterminado	Clause	V,F2,N,TY,St
Alambra	Salada Indeterminado	Clause	V,F2,N,ToMV,TS
Sertão	Saladete Determinado	Clause	V,F2,N,TS,TY
HS1188	Saladete Indeterminado	Horticeres	V,F3,ToMV,TS,TY
Sylviana	Salada Indeterminado	Enza Zaden	V,F3,N,ToMV,TS.TY.Cl
Itaipu	Salada Indeterminado	Enza Zaden	V,F3,N,ToMV,TS.TY.Lt
Hechicero	Salada Indeterminado	Enza Zaden	V,F3,N,ToMV,TS.TY.Lt
Lezaforta	Salada Indeterminado	Enza Zaden	V,F3,N,ToMV,TS.Cl
Vinicio	Salada Indeterminado	Enza Zaden	V,F3,N,ToMV,TS.Cl
Garincha	Grape Indeterminado	Enza Zaden	F1,N,ToMV,TS
Paipai	Saladete Indeterminado	Enza Zaden	V,F1,N,ToMV,TS
E.26.34770	Saladete Indeterminado	Enza Zaden	V,F2,N,ToMV,TS,TY,Cl
Trebus	Cereja Indeterminado	Enza Zaden	F1,ToMV
Zorayda	Cereja Indeterminado	Enza Zaden	F1,ToMV,St,N,TY,Cl,Aa
Pizzadoro	Saladete Indeterminado	Nunhems	V,F1,N,ToMV
Tarantely	Saladete Indeterminado	Nunhems	V,F2,N,ToMV,TY
Totalle	Saladete Indeterminado	Nunhems	V,F3,N,ToMV,TS,TY,Aa,St
Arendell	Salada Indeterminado	Nunhems	V,F2,ToMV,St,Aa,TS,ToTV

Minotauro	Salada Indeterminado	Nunhems	V,F3,N,ToMV,St,Aa,TS
Trucher	Salada Determinado	Nunhems	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Tinto	Saladete Determinado	Nunhems	V,F3,N,TS,TY,ToTV
Tropical	Cereja Indeterminado	Nunhems	F2,N, ToMV,ToTV
Monterrey	Grape Indeterminado	Nunhems	V,F3,ToMV,ToTV
Endurance	Porta-enxerto	Nunhems	V,F3,N,ToMV,ToTV,TS,Rs
Enpower	Porta-enxerto	Nunhems	V,F3,N,ToMV,ToTV,TS
Giácomo	Saladete Indeterminado	Rijk Zwaan	V,F3,N, ToMV,TS,TY
Spartus	Salada Indeterminado	Rijk Zwaan	V,F2,N, ToMV,TS,TY
Valouro	Salada Indeterminado	Rijk Zwaan	V,F1,N,ToMV,TS,TY
Montealto	Saladete Indeterminado	Rijk Zwaan	V,F1,N,ToMV,TS,TY,Cl
Montebelo	Saladete Indeterminado	Rijk Zwaan	V,F1,N,ToMV,TS,TY,Cl
Absoluto	Salada Determinado	Feltrin	V,F2,N, ToMV
Thaíse	Salada Determinado	Feltrin	V,F3,N, ToMV,TY
Astuto	Salada Indeterminado	Feltrin	V,F3,N,ToMV,TS,TY
Almirante	Salada Indeterminado	Feltrin	V,F3,N,ToMV,TS
Cris	Salada Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Ellen	Salada Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV, TY
Janaína	Salada Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Marguerita	Salada Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Sotero	Salada Indeterminado	Feltrin	V,F2,ToMV,TY
Cordillera	Saladete Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Salete	Saladete Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV,TY
Sanni	Saladete Indeterminado	Feltrin	V,F1,N,ToMV
Vivacy	Saladete Indeterminado	Feltrin	V,F3,N,ToMV,TS,TY
Helena	Saladete Indeterminado	Feltrin	V,F3,N,ToMV,TS,TY
Dalva	Santa Cruz Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV
Laura	Santa Cruz Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Midas	Santa Cruz Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,TS,TY
Tainá	Santa Cruz Indeterminado	Feltrin	V,F2,N,TS,TY
Dolby	Saladete Determinado	Feltrin	V,F3,N,PTO,TS,TY
Fascínio	Saladete Determinado	Feltrin	V,F1,N,ToMV,TY,ToTV
Liberty	Saladete Determinado	Feltrin	V,F2,N,PTO,TS,TY
Troia	Saladete Determinado	Feltrin	V,F3,N,TS,TY
Tomini	Grape Indeterminado	Feltrin	V,F1,TS
Cascade	Cereja Indeterminado	Feltrin	F1,ToMV
Flamel	Cereja Indeterminado	Feltrin	F2,N, ToMV,TS,TY
Carolina	Cereja Indeterminado	Feltrin	V,F2
Aquarius	Salada Indeterminado	Tecnoseeds	V,F2,ToMV
Colorado	Salada Indeterminado	Tecnoseeds	V,F2,N,ToMV,TS,St

Cromo	Salada Indeterminado	Tecnoseeds	V,F3,ToMV,PTO
Inox	Salada Indeterminado	Tecnoseeds	V,F2,N,ToMV,TS,St
Tyguan	Salada Indeterminado	Tecnoseeds	V,N,ToMV,TY
Dany	Salada Determinado	Tecnoseeds	V,F3,ToMV,PTO,TY
Marisa	Santa Cruz Indeterminado	Tecnoseeds	F2,N,TS
Tyta	Saladete Indeterminado	Tecnoseeds	V,F2,ToMV,TY
Rutyelle	Saladete Indeterminado	Tecnoseeds	V,F3,TS,TY
Caramelle	Grape Indeterminado	Tecnoseeds	V,F2,ToMV
Rosso	Grape Indeterminado	Tecnoseeds	F2,ToMV
Gisella	Cereja Indeterminado	Tecnoseeds	V,F2,ToMV
Galileia	Saladete Determinado	Hazera	V,F2,N,ToMV,PTO,TS
Shanty	Saladete Determinado	Hazera	V,F2,PTO,TS,TY
Shenna	Saladete Determinado	Hazera	V,F3,PTO,TS,TY
Gabryelle	Saladete Determinado	Hazera	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Anny	Saladete Determinado	Hazera	V,F2,N,ToMV,PTO,TS,TY,ToTV
Salety	Saladete Determinado	Hazera	V,F2,N,ToMV,PTO,TS,TY
Carmen	Salada Indeterminado	Hazera	V,F2,ToMV
Onix	Salada Indeterminado	Hazera	V,F3,N,ToMV,TS,TY
Raisa	Salada Indeterminado	Hazera	V,F2,ToMV
Rizatto	Salada Indeterminado	Hazera	V,F3,ToMV,TS
Canastra	Salada Indeterminado	Hazera	V,F2,N,ToMV,TY
Safira	Salada Indeterminado	Hazera	V,F2,N,ToMV,TY
Florença	Saladete Indeterminado	Hazera	V,F3,ToMV,TY
Shirley	Cereja Indeterminado	Hazera	F2,N,ToMV
Lucinda	Grape Indeterminado	Hazera	F1,ToMV
Luciplus	Grape Indeterminado	Hazera	V,F2,ToMV,PTO,St
Eati 05040	Saladete Determinado	Eagle	V,F2,N,TS,TY
Eati 14147	Saladete Indeterminado	Eagle	V,F2,N,TS,TY
Ytai	Saladete Indeterminado	Eagle	V,F2,N,TY
Inti	Saladete Indeterminado	Eagle	V,F3,N,TS,TY
Puglia	Saladete Indeterminado	Eagle	V,F3,N,TS,TY
Aguamiel	Saladete Indeterminado	Vilmorin	V,F3,ToMV,TS,TY,St
Fusion	Salada Indeterminado	Vilmorin	V,F3,ToMV
Cienaga	Santa Cruz Indeterminado	Seminis	V,F2,PTO,TS,TY
Compack	Salada Indeterminado	Seminis	V,F2,N,ToMV,TS
Olympo	Salada Indeterminado	Seminis	V,F2,N,ToMV
Paty	Salada Indeterminado	Seminis	V,F2,N,ToMV,TY
SV2444TH	Salada Indeterminado	Seminis	V,F2,ToMV,TS,TY,St
Coronel	Salada Indeterminado	Seminis	V,F2,N,TS,St
SV2333TJ	Saladete Indeterminado	Seminis	V,F2,ToMV,TY,St

TY 2006	Saladete Determinado	Seminis	V,F1,N,ToMV,TY,St
Santawest	Grape Indeterminado	Seminis	F1,TY
Cupido	Grape Indeterminado	Seminis	V,F3,N,ToMV
DRC 564	Cereja Indeterminado	Seminis	V,F2,N,ToMV,TS
Maxifort	Porta-enxerto	Seminis	V,F1,N,ToMV
Multifort	Porta-enxerto	Seminis	V,F3,N,ToMV,
Schincheonggang	Porta-enxerto	Seminis	V,F3,N,ToMV,Rs
Imigrante	Salada Indeterminado	Agrocinco	V,F3,ToMV,TY
Portinari	Salada Indeterminado	Agrocinco	V,F2,N,ToMV,Cl
Caroliny	Salada Indeterminado	Agrocinco	V,F2,ToMV,TS,TY
Future	Salada Indeterminado	Agrocinco	V,F3,N,ToMV,TS
Gold	Salada Indeterminado	Agrocinco	V,F2,N,ToMV,TS,St
Nemo-Netta	Salada Indeterminado	Agrocinco	V,F2,N,ToMV
Netta	Salada Indeterminado	Agrocinco	V,F2,ToMV
Montese	Saladete Indeterminado	Agrocinco	V,F2,N,TS,PTO,St
Nagai	Saladete Indeterminado	Agrocinco	F,F2,N,ToMV,TS,TY
Tytanium	Saladete Determinado	Agrocinco	V,F3,Aa,St,TY
Kiara	Santa Cruz Indeterminado	Agrocinco	V,F2,ToMV
Iracema	Cereja Indeterminado	Agrocinco	V,F2,Cl
Zamir	Grape Indeterminado	Agrocinco	V,F2
Couto	Mini italiano Indeterminado	Agrocinco	V,F2,N,TY,Cl
Ellus	Santa Cruz Indeterminado	Syngenta	V,F2,TS,TY,ToTV, CRINIVIRUS
Dylla	Salada Indeterminado	Syngenta	V,F3,N,ToMV,TS,TY
Paron	Salada Indeterminado	Syngenta	V,F2,ToMV,TS,Cl
Forty	Salada Indeterminado	Syngenta	V,F2,N,TS,TY
Ozone	Salada Indeterminado	Syngenta	V,F2,TS,TY
Sagatan	Salada Determinado	Syngenta	V,F2,ToMV,TS
Angeli	Grape Indeterminado	Syngenta	V,F2
Guardião	Porta-enxerto	Takii	V,F2,N,ToMV,Rs
Green Power	Porta-enxerto	Takii	V,F3,N,ToMV,Rs
Muralha	Porta-enxerto	Takii	V,F2,N,ToMV,Rs
Momotaro	Salada Indeterminado	Takii	V,F2,ToMV,N,St,Cl
T-92	Salada Indeterminado	Takii	V,F2,ToMV,N,TS
Avanty	Salada Indeterminado	Takii	V,F2,ToMV,TY
Coco	Cereja Indeterminado	Takii	F1,N,ToMV
Pepe	Cereja Indeterminado	Takii	F1,ToMV
Lili	Cereja Indeterminado	Takii	F1,N,ToMV
Nina	Cereja Indeterminado	Takii	V,F1,N,ToMV
Predador	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,N,ToMV,TS,TY
Dominador	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,N,ToMV,TY

Tyson	Salada Indeterminado	Agristar	V,F3,ToMV,TS,TY
Protheus	Salada Indeterminado	Agristar	V,F3,N,ToMV,St,TS,TY
Itaipava	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,N,ToMV,TS
Vento	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,N,ToMV,Lt
Gladiador	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,N,ToMV,TY
Serato	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,N,ToMV,TS
Rally	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,N,ToMV,TS
Apolo	Salada Indeterminado	Agristar	V,F1,ToMV,TY
Santyno	Santa Cruz Indeterminado	Agristar	V,F3,N,ToMV,TS,TY
Pioneiro	Saladete Indeterminado	Agristar	V,F3,ToMV,TY
Lampião	Saladete Indeterminado	Agristar	V,F2,N,ToMV,TY
Caribe	Saladete Indeterminado	Agristar	V,F1,ToMV,TY
Parma	Saladete Indeterminado	Agristar	V,F3,N,TY,TS
Ímola	Saladete Indeterminado	Agristar	V,F3,N,ToMV,TY
Candieiro	Saladete Determinado	Agristar	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Supera	Saladete Determinado	Agristar	V,F1,N,PTO
Mascot	Grape Indeterminado	Agristar	V,F1,ToMV
Defensor	Porta-enxerto	Agristar	V,F2,N,ToMV,Rs
Arual	Salada Indeterminado	BioGrow	V,F2,N,ToMV
Capadócia	Salada Indeterminado	BioGrow	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Troyano	Salada Indeterminado	BioGrow	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Efésios	Saladete Indeterminado	BioGrow	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Umbu	Salada Indeterminado	Isla	V,F2,N,ToMV,TY
Jacarandá	Salada Indeterminado	Isla	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Araucária	Salada Indeterminado	Isla	V,F2,N,ToMV,TY
Ipê	Salada Indeterminado	Isla	V,F2,N,ToMV,TS
Cajueiro	Salada Indeterminado	Isla	V,F1,N,ToMV
Cambara	Saladete Indeterminado	Isla	V,F2,N,ToMV,TS
Anjico	Saladete Indeterminado	Isla	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Oliver	Saladete Indeterminado	Isla	V,F1,N,ToMV
Taíuva	Saladete Indeterminado	Isla	V,F1,N,TY
Candeia	Saladete Indeterminado	Isla	V,F2,ToMV
Angelim	Saladete Determinado	Isla	V,F2,N,ToMV,TY
Imbuia	Saladete Determinado	Isla	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Buriti	Santa Cruz Indeterminado	Isla	V,F1,TY
Sorbetto	Mini italiano Indeterminado	Isla	V,F1,ToMV
Dolcetto	Grape Indeterminado	Isla	V,F1,ToMV
Wanda	Cereja Indeterminado	Isla	V,F1,ToMV,TS
Tucaneiro	Cereja Indeterminado	Isla	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Verônica	Salada Indeterminado	Isla	V,F1,ToMV

Cedro	Salada Indeterminado	Isla	V,F2,ToMV,TS,TY
Capitão	Salada Indeterminado	Isla	V,F1,N,ToMV,TS
BS IS0002	Salada Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV, TY
BS IS0003	Salada Indeterminado	BHN	V, F3, N, ToMV, TY
BS IS0008	Salada Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV, TS
BS IS0035	Salada Indeterminado	BHN	V, F3, N, ToMV, TY
IBATÃ	Salada Indeterminado	BHN	F1, F2, N, ToMV
BS IS0082	Salada Indeterminado	BHN	V, F3, N, ToMV, TS, TY
JORDANA	Salada Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV, TS
PATAXÓ	Salada Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV
BS IEG0047	Salada Indeterminado	BHN	F2, N, ToMV, TS, TY
SUPREMO R	Salada Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV, TS, TY
YAPUSSÚ	Salada Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV, TS, TY
BS ISP0024	Salada Indeterminado	BHN	V, F3, N, ToMV
BS DS0060	Salada Determinado	BHN	V, F2, N, ToMV, TS
BS DI0001	Saladete Determinado	BHN	V, F3, TS, TY
BS DI0083	Saladete Determinado	BHN	V, F3, N, TS, TY
BS II0004	Saladete Indeterminado	BHN	V, F3, N, ToMV, TY
BS II0011	Saladete Indeterminado	BHN	V, F3, N, PTO, ToMV, TS, TY
BS II0012	Saladete Indeterminado	BHN	V, F3, N, PTO, ToMV, TS, TY
BS II0020	Saladete Indeterminado	BHN	V, F3, N, PTO, ToMV, TS, TY
BABY ITALIANO	Saladete Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV
CAETÉ	Saladete Determinado	BHN	V, F2, ToMV, TS, TY
GUACÁ	Saladete Indeterminado	BHN	V, F2, N, PTO, ToMV
NETUNO	Saladete Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV
PLUTÃO	Saladete Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV
SATURNO	Saladete Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV
VÊNUS	Saladete Determinado	BHN	V, F3, N, ToMV, TS
BS DI0038	Saladete Determinado	BHN	V, F3, N, PTO, ToMV, TS, TY
BS II0019	Saladete Indeterminado	BHN	V, F3, N, PTO, ToMV, TS, TY
KAIAPÓ	Saladete Indeterminado	BHN	V, F3, N, ToMV, TS, TY
BS DI0037	Saladete Determinado	BHN	V, F3, N, PTO, TS, TY
KÁTIA	Saladete Determinado	BHN	V, F2, PTO
BS DI0021	Saladete Determinado	BHN	V, F3, N, TS
BS DIA0026	Saladete Determinado	BHN	V, F2
BS ISC0045	Santa Cruz Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV, TS
BS ISC0050	Santa Cruz Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV, TS
BS IGR0049	Grape Indeterminado	BHN	V, F1
ABIRÚ	Grape Determinado	BHN	F2
IRAÍ	Grape Determinado	BHN	F1

GUARACI	Grape Indeterminado	BHN	F1, ToMV
BS DGR0017	Grape Determinado	BHN	V, F2, N, TS, TY
BS DGR0022	Grape Determinado	BHN	V, F1, ToMV
UPYRA	Grape Determinado	BHN	V, F2, N, ToMV
BS IGR0023	Grape Indeterminado	BHN	V, F1, PTO, ToMV, TS
JACY	Grape Indeterminado	BHN	F1, ToMV
PORI	Cereja Indeterminado	BHN	F1, ToMV
BS DCR0028	Cereja Determinado	BHN	V, F2, N, ToMV, TY
YUTI	Cereja Determinado	BHN	V, F2
BS IU0025	Salada Indeterminado	BHN	V, F3, ToMV, TS, TY
ESSAÍ	Cereja Indeterminado	BHN	V, F1, ToMV
YTAÍ	Cereja Indeterminado	BHN	V, F2, N, ToMV
BS PE0041	Porta-enxerto	BHN	V, F3, N, ToMV, Rs
Sweet Heaven	Grape Indeterminado	Sakata	F1,ToMV,St
Milagros	Saladete Determinado	Sakata	V,F2,N,Aa,TS
Mariaty	Saladete Determinado	Sakata	V,F2,N,St,TY
Tyna	Saladete Indeterminado	Sakata	V,F1,N,PTO
Giuliana	Saladete Indeterminado	Sakata	V,F1,N
Ravena	Saladete Indeterminado	Sakata	V,F3,N,St,TS
Grazianni	Saladete Indeterminado	Sakata	V,F3,ToMV, TS,TY
Woodstock	Porta-enxerto	Sakata	V,F2,N,Rs
Colono	Salada Determinado	Sakata	V,F2,ToMV,N,St,Aa
Natália	Salada Indeterminado	Sakata	V,F2,N,ToMV
Conquistador	Salada Indeterminado	Sakata	V,F2,N,ToMV,TS
Pietra	Salada Indeterminado	Sakata	V,F2,N,ToMV,TS
Santy	Salada Indeterminado	Sakata	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Valerin	Salada Indeterminado	Sakata	V,F2,N,ToMV,TS,TY
Gislani	Salada Indeterminado	Sakata	V,F3, N,ToMV,TY
Carina	Santa Cruz Indeterminado	Sakata	V,F1,N
Carina Star	Santa Cruz Indeterminado	Sakata	V,F3,N,PTO,TS
Carina Golden	Santa Cruz Indeterminado	Sakata	V,F2,N,TY

Fonte: Os autores.

Na região de Goiás, foi implementado o vazio fitossanitário a partir de 2007 (Agrodefesa, IN 05/2007) e foi reeditada em 2011 (Agrodefesa, IN 06/2011). Desde então, não é permitido o plantio de tomateiro para processamento nos meses de dezembro e janeiro, isto é, o transplantio somente pode ser realizado entre os meses de fevereiro a junho. Entretanto a normativa é restrita a tomateiro de crescimento determinado e não restringe o cultivo de tomateiro de crescimento indeterminado. A realização de medidas de manejo integrado de pragas também é preconizada pela Instrução Normativa. Outros estados, como São Paulo e Minas Gerais, também seguem esse período de vazio fitossanitário, apesar de não regulamentado oficialmente.

3.1.2 Gênero *Crinivirus*

No Brasil, já foi relatado o *Tomato chlorosis virus* (ToCV), pertencente ao gênero *Crinivirus* (família *Closteroviridae*), causando a doença conhecida como amarelão do tomateiro. O ToCV apresenta partículas alongadas e flexuosas de 800 nm – 850 nm e genoma composto por duas moléculas de RNA.

No Brasil, além do tomateiro, o ToCV infecta naturalmente outras solanáceas como pimentão, batata, berinjela e jiló. Os sintomas induzidos pelo ToCV caracterizam-se principalmente por áreas cloróticas internervais nas folhas baixeiras (Figura 5). Esse sintoma pode vir acompanhado por bronzeamentos ou manchas avermelhadas, enrolamento das margens das folhas para cima e engrossamento do limbo foliar que se torna quebradiço. Não há sintomas em flores e frutos. Os mesmos sintomas já foram observados em plantas de pimentão. Apesar de não ocorrerem sintomas óbvios nas frutas, a produção é frequentemente afetada pela redução do tamanho e do número de frutos. É frequente a infecção mista de crinivírus com begomovírus e os sintomas podem tornar-se mais acentuados.

Figura 5 - Sintomas ocasionados pelo *Tomato chlorosis virus* em tomateiro.
Foto: Bruno Rossito de Marchi.

O ToCV é transmitido de forma semipersistente por várias espécies de mosca-branca: *B. tabaci biótipo A*, *B e Q e Trialeurodes abutilonea* e *T. vaporariorum.* A aquisição e a transmissão do vírus pelo inseto ocorre após curtos períodos de alimentação, embora a transmissão seja mais eficiente após algumas horas. *T. abutilonea* não foi relatada no Brasil. O ToCV não é transmitido por extrato vegetal e pela semente.

O manejoda doença é principalmente pelo controle do inseto, eliminação de plantas velhas que podem servir de fonte de inoculo do vírus e do vetor e manejo de plantas daninhas na área. Não há variedades ou híbridos de tomateiros comerciais resistentes ao ToCV.

3.1.3 Gênero *Orthotospovirus* (*Tospovirus*)

O tomateiro é altamente suscetível aos vírus pertencentes ao gênero *Orthotospovirus*, que causam a doença conhecida por vira-cabeça. No Brasil, são relatadas três espécies infectando tomateiro: *Tomato spotted wilt virus* (ToSRV), *Groundnut ring spot virus* (GRSV) e *Tomato chlorosis spot virus* (TCSV). Os vírus apresentam partículas pleiomórficas (sem forma definida) circundadas por envelope com diâmetro variando entre 80 nm e 110 nm, com genoma constituído de três moléculas de RNA.

Os orthotospovírus são transmitidos por tripes, com relacionamento circulativo-propagativo, ou seja, o vírus replica no inseto vetor. O vírus é adquirido pela larva e transmitido pelos adultos que são altamente eficientes na transmissão do vírus. A espécie *Frankliniella schultzei* ocorre com maior frequência no Estado de São Paulo e é responsável pelas epidemias de vira-cabeça em diversas solanáceas. A sintomatologia varia de acordo com o genótipo, a idade do hospedeiro, o isolado viral e as condições ambientais e nutricionais da planta hospedeira. As folhas podem apresentar deformação, mosaico e pontuações necróticas normalmente com anéis concêntricos, sendo este sintoma observado em fruto (Figura 6).

O controle dessa doença depende de utilização de diversas táticas, como plantio em locais em que não haja outras solanáceas que possam ser fonte de inóculodo vírus, manutenção de canteiros limpos sem plantas daninhas que podem abrigar o inseto bem como ser hospedeiras dos vírus, utilização de quebra-ventos e plantio em épocas de menor incidência do inseto. Variedades resistentes a orthotospovírus estão indicadas na Tabela 1.

Figura 6 - Infecção por orthotospovírus em tomateiro (vira-cabeça do tomateiro).
Foto: Giovana Carolina Dourado Cruciol.

3.2 Principais viroses em pimentão

O pimentão pertence à espécie *Capsicum annuum*, gênero *Capsicum*, e é uma solanácea bastante apreciada no Brasil, encontrando-se entre as mais consumidas. Seu centro de origem é nas Américas e, a partir do século XVI, depois do seu descobrimento, foi levado às diversas regiões do mundo.

O pimentão está entre as dez hortaliças mais importantes no Brasil e é cultivado em todo o território nacional, porém com maior concentração dos plantios nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

É uma cultura acometida por diversas espécies de vírus, podendo ser citados os vírus do gênero *Begomovirus*, *Potyvirus*, *Cucumovirus*, *Tospovirus*, *Tobamovirus* e *Crinivirus*. As plantas infectadas geralmente têm o crescimento reduzido, sendo isso mais grave quanto mais cedo a planta for infectada. Neste capítulo, serão comentadas as principais espécies que infectam o pimentão, os sintomas ocasionados e as medidas de controle indicadas.

3.2.1 Gênero *Begomovirus*

Os vírus pertencentes ao gênero *Begomovirus* pertencem à família *Geminiviridae*. São caracterizados pela morfologia de partículas icosaédricas (18-20 nm x 30-32 nm) geminadas e genoma composto por um ou dois componentes de DNA de fita simples circular (ssDNA). No Brasil, as espécies relatadas são *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e *Tomato yellow vein streak virus* (ToYVSV), sendo a primeira espécie predominante na região Sudeste do Brasil e também a mais comum infectando tomateiro. O vírus possui genoma bipartido constituído do DNA-A e do DNA-B, com tamanho variando entre 2,5 kb a 2,8 kb. Ambos componentes são essenciais para a infecção sistêmica eficiente do vírus na planta.

Os sintomas ocasionados em plantas de pimentão podem variar de acordo com o genótipo e a idade de infecção da planta. Esses sintomas variam desde manchas cloróticas, mosqueado, mosaico, manchas verde-claras ou amareladas, podem-se observar o engrossamento das nervuras e o enrolamento, parecidos aos causados por infestação de ácaro, deformação, necrose, rugosidade e diminuição da área foliar (Figura 7).

Figura 7 - Plantas de *Capsicum annuum* infectadas pelo begomovirus *Tomato severe rugose virus*.
Foto: Kelly Cristina Gonçales Rocha.

Os begomovírus têm como vetor a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), um inseto altamente polífago que se alimenta em mais de 600 espécies de plantas hospedeiras, incluindo solanáceas, brássicas, euforbiáceas, cucurbitáceas, leguminosas, plantas ornamentais e daninhas, sendo que plantas daninhas ocupam papel importante na manutenção de populações de *B. tabaci*, bem como reservatório de vírus no campo. A modalidade de transmissão de begomovírus pela mosca-branca é do tipo circulativa não propagativa, em que o vetor adquire o vírus e este circula pela hemolinfa, porém sem se multiplicar no inseto.

Os problemas de begomovírus em pimentão não se comparam às perdas verificadas no tomateiro. Isso se deve possivelmente ao fato de que, no Brasil, predomina ainda o biótipo B de *B. tabaci* (ou espécie críptica Middle East Asia Minor I – MEAD-I), que não tem o pimentão como hospedeira preferencial. Este quadro,entretanto, pode se alterar pelo fato de existir, no país, um novo biótipo chamado de Q (também conhecido por espécie críptica Mediterranean). Altas infestações de estufas de pimentão no Estado de São Paulo já foram verificadas, trazendo grandes prejuízos, principalmente relacionados ao manejo desse inseto que apresenta baixa suscetibilidade aos inseticidas quando comparado ao tradicional biótipo B (Figura 8).

Figura 8 - Plantas de *Capsicum* spp. infestadas com adultos de *B. tabaci* biótipo Q/Espécie Mediterranean.

Fonte: Os autores.

Como os sintomas causados pelos begomovírus em *Capsicum* são muito variados, a identificação e a caracterização baseada apenas na sintomatologia não é confiável, uma vez que os sintomas variam de acordo com condições ambientais, idade da planta hospedeira e ocorrência de infecções

mistas envolvendo duas ou mais espécies virais. Dessa forma, a detecção desses vírus é realizada com o uso de técnicas moleculares.

O método mais recomendado de controle dos begomovírus é o uso de genótipos resistentes, porém, até o momento, são poucos os materiais que podem ser recomendados para esse fim. Trabalhos realizados mostraram que os acessos de *C. annuum* Catarino Cascabel - México e a cultivar Silver, foram tolerantes à presença da espécie ToSRV. Esses genótipos podem ser fontes importantes e promissoras para estudos e mapeamento de genes resistentes envolvidos na tolerância ao ToSRV.

Além da resistência genética, um programa de manejo integrado também deve ser implementado para o controle de moscas-brancas e os vírus que elas transmitem. Atualmente são conhecidos vários aspectos da biologia, do ciclo de vida, da migração e da dispersão desse inseto, além de características da transmissão dos vírus. Com base nesses conhecimentos, algumas medidas gerais de controle podem ser recomendadas, como destruir os restos culturais, evitar o escalonamento da cultura e a proximidade de hortas caseiras que cultivem tomateiro e pimentão, aplicar corretamente os inseticidas recomendados, alternando moléculas, eliminar fontes de mosca-branca e de vírus como plantas daninhas. No cultivo do verão, quando altas populações do inseto são frequentes, devem-se redobrar os cuidados, nunca abandonando a cultura.

3.2.2 Gênero *Cucumovirus*

O Cucumber mosaic virus (CMV) é vírus de ocorrência mundial e esporadicamente ocasiona grandes perdas em pimentão no Brasil. O CMV pertence à Família *Bromoviridae*, gênero *Cucumovirus*, sendo o CMV espécie desse gênero. A morfologia do vírion é icosaédrica, tendo um diâmetro de 26 nm a 35 nm e genoma constituído de RNA.

O primeiro relato da ocorrência do vírus do mosaico do pepino nas plantações de pimentão no Brasil foi em 1984, no Estado de São Paulo, em Águas de Santa Bárbara, onde um surto inesperado devastou a cultura da cultivar Agronômico 10G. Há dois subgrupos de CMV, o subgrupo I (A e B) e subgrupo II. No Brasil, há apenas a presença do subgrupo I, tendo a predominância de CMV do subgrupo IA; entretanto, há relatos da incidência de isolados de CMV, subgrupo IB, infectando pimentão, na região de Lins, Estado de São Paulo, e também em Pará de Minas, MG.

Os sintomas ocasionados em plantas de pimentão variam de acordo com o estágio da infecção. Os sintomas sistêmicos iniciais normalmente incluem clorose das folhas jovens e, à medida que novas folhas emergem, sintomas de mosaico clorótico podem abranger toda a folha, com a presença de deformações (Figura 9A). Os frutos de pimentão também são afetados, apresentando anéis cloróticos e rugosidade, causando depreciação do produto no mercado (Figura 9B).

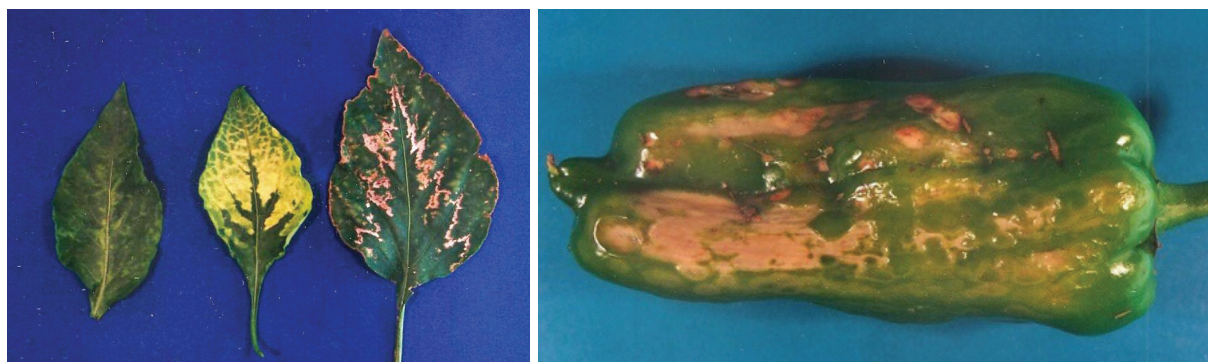



Figura 9 - Folhas de pimentão infectadas por CMV em diferentes estágios de desenvolvimento da planta (A); Fruto de pimentão apresentando deformações devido à infecção por CMV (B).
Fonte: Os autores.

O vírus possui uma ampla gama de hospedeiras, infectando mais de 1.000 espécies de plantas. A transmissão ocorre por espécies de afídeos, de maneira não persistente, ou seja, o afídeo-vetor adquire o vírus da planta em um período de tempo inferior a um minuto (picada de prova), e o vírus é transmitido para outras plantas logo a seguir, nas picadas subsequentes, sem período latente. A perda da capacidade de transmissão é rápida, pois o período de retenção do vírus é extremamente curto. As espécies mais comuns de afídeos responsáveis pela disseminação do CMV são *Aphis gossypii* e *Myzus persicae.* Não há relatos da ocorrência de transmissão do CMV pela semente em pimentão.

A sorologia e a identidade entre sequências de nucleotídeos são usadas para distinguir subgrupos dentro das espécies. A técnica mais utilizada em rotina para detectar subgrupos de CMV é o DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich – Enzyme Linked Immunosorbent Assay), utilizando antissoros contra o CMV do subgrupo I e II. RT-PCR é um método mais sensível de detecção comparado ao teste de ELISA, possibilitando a detecção mais precisa entre as amostras analisadas.

As estratégias de controle incluem a erradicar as plantas daninhas hospedeiras que podem servir como fonte de inóculo para o pimentão, plantar em épocas desfavoráveis aos afídeos, evitar o plantio em áreas de tomate e pimentão com relatos do vírus, pois essas áreas podem atuar como fontes de inóculoe com alta incidencia de pulgões para culturas subsequentes, monitorar a população de afídeos antes do plantio, para fazer tratamentos com inseticidas quando viável. Quando a população de afídeos já está instalada na cultura, é inviável a aplicação de inseticidas devido ao tipo de transmissão do CMV, através de picada de prova.

Há cultivares de pimentão somente tolerantes ao CMV, devido à alta variabilidade das estirpes que superam a resistência com facilidade.

3.2.3 Gênero *Tobamovirus*

O gênero *Tobamovirus*, gênero mais importante da Família *Virgaviridae*, presenta distribuição mundial. Esse vírus causa prejuízos a diversas culturas, entre elas pimentão, principalmente sob condições de cultivo protegido.

O membro do gênero *Tobamovirus* é o *Tobacco mosaic virus* (TMV). A partícula viral (vírion) apresenta morfologia alongada, cilíndrica e rígida com aproximadamente 300 nm – 310 nm de comprimento e 18 nm de diâmetro. Trata-se de um vírus de RNa.

Seis espécies diferentes já foram descritas infectando *Capsicum*em diferentes regiões no mundo: TMV –*Tobacco mosaic virus*; ToMV – *Tomato mosaic virus*; PMMoV – *Pepper mild mottle virus*; PaMMV – *Paprika mild mottle virus*; TMGMV – *Tobacco mild green mosaic virus*; ObPV – *Obuda pepper virus*. No Brasil, em cultivos de pimentão, há somente relatos da ocorrência das espécies TMV, ToMV e PMMoV.

Em função do comportamento frente aos genes de resistência na série alélica no lócus L (L1, L2, L3 e L4) presentes em espécies de *Capsicum* spp., os tobamovírus são classificados em diferentes patótipos P_0, P_1, $P_{1\text{-}2}$, $P_{1\text{-}2\text{-}3}$. O alelo L^1 confere resistência para as espécies TMV/ToMV, enquanto os alelos L^2, L^3 e L^4 conferem resistência adiferentes estirpes do PMMoV. Todos os isolados de TMV, ToMV e TMGMV até então estudados são classificados como patótipo P_0, os quais são incapazes de contornar o gene de resistência L^1. Os isolados de PaMMV e ObPV são classificados como pertencentes ao P_1, o qual é capaz de infectar plantas de *Capsicum* spp. com o gene L^1. Isolados capazes de infectar plantas de *Capsicum* spp. que apresentam os genes de resistência L^2 e L^3 são classificados como $P_{1\text{-}2}$ e $P_{1\text{-}2\text{-}3}$, respectivamente, e até o momento somente foram verificados isolados da espécie PMMoV com esta capacidade.

O patótipo $P_{1,2,3}$ de PMMoV já foi relatado na Europa e no Japão, sendo considerado um sério entrave à produção de pimentas e de pimentões. Por esse motivo, devem-se incrementar os cuidados para evitar a entrada desse patótipo do PMMoV no Brasil. O gene L^4 confere resistência a todas as espécies de tobamovírus conhecidas que infectam o pimentão.

Tabela 2 – Interação de espécies de *Tobamovirus* com genótipos de *Capsicum* spp., (+ infecção sistêmica, - resposta de hipersensibilidade)

Hospedeiro	Genótipo	Patótipo			
		P_0	P_1	P_{1-2}	P_{1-2-3}
C. annuum 'ECW'	$L^+ L^+$	+	+	+	+
C. annuum 'Bruinsma Wonder'	$L^1 L^1$	-	+	+	+
C. frutescens 'Tabasco'	$L^2 L^1$	-	-	+	+
C. chinense P.I. 159236	$L^3 L^3$	-	-	-	+
C. chacoense P.I. 260429	$L^4 L^4$	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de Boukema (1984).

Uma característica peculiar dos vírus pertencentes a esse gênero é a transmissão por contato. Mãos, roupas, ferramentas e utensílios contaminados utilizados nos tratos culturais, além dos restos culturais de plantas infectadas são fonte de inóculo do vírus. No solo, o ToMV pode permanecer infectivo durante dois anos em restos de plantas infectadas, dada sua alta estabilidade que permite permanecer por longos períodos em restos de cultura no solo.

Os tobamovírus também podem ser transmitidos pela semente. As partículas virais podem ser encontradas no endosperma, porém não no embrião, sendo contaminantes na parte externa das sementes. Dessa forma, a infecção ocorre por ferimentos realizados nas raízes durante a germinação da semente ou então no transplantio de mudas. O ToMV apresenta uma taxa de mais de 94% de transmissão em sementes de tomateiro. No caso do PMMoV, esse vírus apresentou taxas de transmissão pela semente em torno de 29% e 22% em *C. annuum* e *C. frutescens*, respectivamente. Sementes contaminadas pelos tobamovírus são a principal fonte de disseminação a longas distâncias.

Os sintomas observados em plantas de pimentão e de pimenta infectadas por tobamovírus podem variar dependendo do genótipo da planta e da espécie do vírus, mas em geral inclui mosqueado e afilamento foliar, assim como a deformação de frutos (Figuras 10A e 10B).

Figura 10 - Sintoma sistêmico exibido em pimentão infectado com PMMoV (A); deformação de frutos de pimentão infectado com PMMoV (B).

Foto: Marcia Aparecida Cezar.

O ToMV e o PMMoV causam sintomas muitas semelhantes nas folhas, enquanto que nos frutos os sintomas causados pelo PMMoV são mais evidentes, podendo ocasionar redução do tamanho, abortamentos de sementes e deformações, assim como manchas cloróticas irregulares que, às vezes, podem tornar-se necróticas.

A diagnose dos tobamovírus pode ser realizada empregando-se plantas diferenciadoras, detecção de partículas em extratos ou efeitos citopáticos ao microscópio eletrônico de transmissão, testes sorológicos e moleculares como PCR e hibridização de ácidos nucleicos.

Para manter a cultura do pimentão e das pimentas livre de tobamovírus, é fundamental a adequação de medidas de controle, principalmente, prevenindo a entrada e a posterior disseminação do patógeno em novas áreas de cultivo e utilizando algumas medidas que podem ser recomendadas, como utilizar sementes livres de vírus, limpar e desinfetar os instrumentos, plantar genótipos que apresentem genes de resistência e remover e destruir restos culturais infectados pelo tobamovírus. Os tobamovírus são importantes principalmente em cultivos protegidos de pimentão, porém desde que se utilizem sementes sadias e que se tenha todo um cuidado na condução do plantio, além do uso de híbridos ou de cultivares portadoras de genes de resistência L, que estão descritos na tabela 1. Este é grupo de vírus encontrado somente esporadicamente causando problemas sérios à cultura.

3.2.4 Gênero *Potyvirus*

Os vírus pertencentes ao gênero *Potyvirus*, Família *Potyviridae*, possuem partículas alongadas flexuosas com comprimento de 680 nm – 900 nm e com 11 nm – 13 nm de espessura e genoma de RNA. Consiste na maior e economicamente mais importante família de vírus de plantas, contendo cerca de 20% dos vírus conhecidos.

Em pimentão, são descritos no Brasil o *Potato virus Y* (PVY) e o *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), sendo este último predominante em nosso país. Os sintomas ocasionados por PVY e PepYMV podem ser muito parecidos, sendo a diagnose no campo difícil de ser realizada, principalmente porque também pode ocorrer infecção mista por diversos vírus. A detecção correta deve ser realizada por métodos moleculares como o RT-PCR. Os sintomas observados em plantas infectadas incluem distorção foliar, mosqueado e mosaico como os verificados para o PepYMV em pimentão (Figura 11).

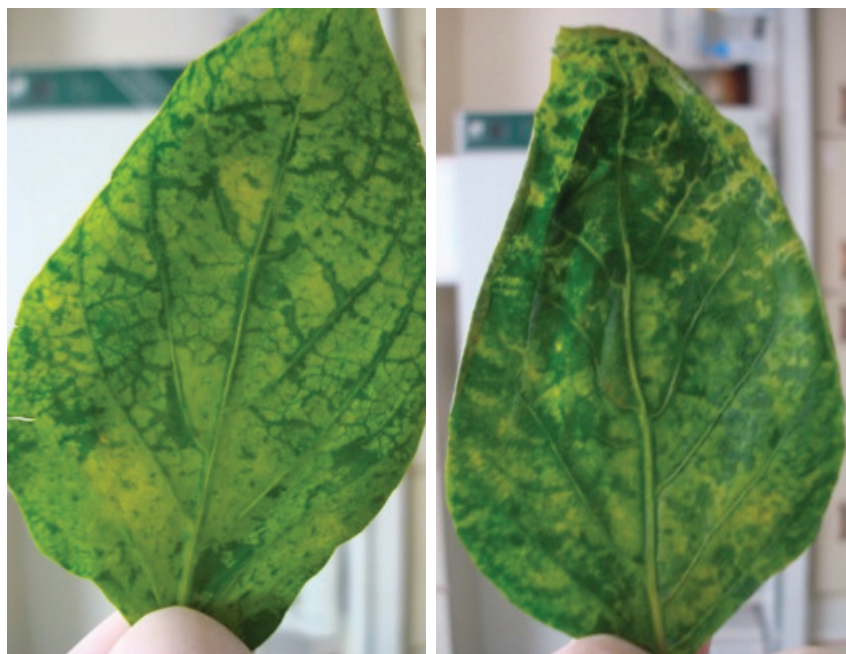



Figura 11 - Sintomas ocasionados pelo *Pepper yellow mosaic virus* em pimentão.
Fonte: Os autores.

Tanto o PVY como o PepYMV são transmitidos por afídeos de maneira não persistente, ou seja, pela picada de prova do inseto. A variabilidade biológica dos isolados de PVY e PepYMV é bastante grande, podendo esses ser classificados em patótipos utilizando uma série diferencial de *Capsicum*. Há genes recessivos e dominantes que conferem resistência aos diversos patótipos de PepYMV; o gene dominante*Pv4* foi introduzido em diversos híbridos no Brasil, conferindo resistência aos patótipos predominantes encontrados no campo (Tabela 3). Há, porém, pelo menos um relato de uma estirpe de PepYMV encontrada naturalmente no campo capaz de contornar a resistência dominante conferida pelo gene *Pvr4*.

3.2.5 Gênero *Orthotospovirus* (*Tospovirus*)

O pimentão é altamente suscetível aos vírus pertencentes ao gênero *Orthotospovirus* (*Tospovirus*), que causam a doença conhecida por vira-cabeça. No Brasil, são relatadas três espécies infectando pimentão: *Tomato spotted wilt virus* (ToSRV), *Groundnut ring spot virus* (GRSV) e *Tomato chlorosis spot virus* (TCSV). Os vírus apresentam partículas pleiomórficas (sem forma definida) circundadas por envelope com diâmetro variando entre 80 nm e 110 nm, com genoma constituído de três moléculas de RNA.

Os orthotospovírus são transmitidos por tripes, com relacionamento circulativo-propagativo, ou seja, o vírus replica no inseto vetor. O vírus é adquirido pela larva e transmitido pelos adultos que são altamente eficientes na transmissão do vírus. A espécie *Frankliniella schultzei* ocorre com maior frequência no Estado de São Paulo e é responsável pelas epidemias de vira-cabeça em diversas solanáceas. Os principais sintomas compreendem clorose no topo e forte necrose nas folhas, nas hastes e nos frutos, geralmente podem ser observados anéis concêntricos nas folhas e/ou nos frutos (Figura 12). Dependendo da severidade do isolado viral, pode ocorrer uma paralisação no crescimento da planta infectada.

O controle dessa doença depende de utilização de diversas táticas, como plantio em locais em que não haja outras solanáceas que possam ser fonte de inóculo do vírus, manutenção de canteiros limpos sem plantas daninhas que podem abrigar o inseto bem como ser hospedeiras dos vírus, utilização de quebra-ventos e plantio em épocas de menor incidência do inseto. Variedades resistentes a orthotospovírus são indicadas na Tabela 3.

Figura 12 - Infecção por orthotospovírus em pimentão.
Fonte: Os autores.

Tabela 3 - Relação de materiais comerciais resistentes ou tolerantes à infecção viral. Tipos, nome comercias, resistência e empresa produtora de semente (2018)

Tipo	Nome Comercial	Resistência	Empresa
Retangular Vermelho	AF 7125	PVY12, ToMV	Sakata
Retangular Vermelho	Beti R	PVY12, ToMV	Sakata
Retangular Vermelho	Melina	TSWV, ToMV, PMMoV123	Sakata
Retangular Vermelho	Rubia R	PVY12, ToMV	Sakata
Retangular Vermelho	Taurus	PVY12, TSWV, Lt	Sakata
Retangular Amarelo	Camaro	PVY12, TSWV, Lt	Sakata
Retangular Amarelo	Cida R	PVY12, ToMV, PMMoV12	Sakata
Blocky Vermelho	Gladiador	ToMV, Xcv	Sakata
Lamyo Pc Verde	AF 6529	PVY12, ToMV, Pc	Sakata
Lamyo Pc Verde	Marli R	PVY12, Pc, CMV	Sakata
Lamyo Pc Verde	Martha R	PVY12, ToMV, Pc	Sakata
Lamuyo Verde	Dahara R	PVY12, ToMV	Sakata
Lamuyo Verde	Dahra RX	PVY12, ToMV, Xcv	Sakata
Lamuyo Verde	Magali R	PVY12, ToMV	Sakata
Sweet Italian Verde	Don Santino	ToMV, TSWV, PMMoV	Sakata
Porta Enxerto	AF 8253	ToMV, PVY12, Pc, Rs, N	Sakata
Porta Enxerto	Silver	ToMV, PVY12, Pc, N	Sakata
Retangular Vermelho	Guemes	TM0-3, TSWV	Rijk Zwaan
Retangular Vermelho	Painita	PVY12, TM0-3, TSWV, N	Rijk Zwaan
Retangular Vermelho	Marselan	PVY12, TM0-2, Xcv, TSWV, N	Rijk Zwaan
Retangular Vermelho	Aragonez	PVY12, TM0-3, Xcv	Rijk Zwaan
Retangular Amarelo	Plinio	PVY01, TM0-2, TSWV	Rijk Zwaan
Blocky Vermelho	Gospel	PVY12, TM-03, Xcv, TSWV	Rijk Zwaan
Blocky Vermelho	Red Jet	PVY12, TM0-2, Xcv, Lt	Rijk Zwaan
Blocky Amarelo	Bachata	TM0-3, TSWV	Rijk Zwaan
Blocky Laranja	Arancia	TM0-3, TSWV	Rijk Zwaan
Sweet Italian Verde	Palermo	TM0-2	Rijk Zwaan
Sweet Italian Amarelo	Palermo Yosemite	PVY12, TM0-2, TSWV	Rijk Zwaan
S. Italian Laranja	Palermo Obedius	PVY12, TM0-2, TSWV	Rijk Zwaan
S. Italian Vermelho	Gianpaolo	PVY12, TM0-2, TSWV	Rijk Zwaan
Retangular Vermelho	Pampa	PVY, ToMV, TSWV	Clause
Retangular Vermelho	Chango	TSWV, ToMV	Clause
Retangular Amarelo	Fulgor	TSWV, ToMV, Xcv	Clause
Blocky Vermelho	Solario		Clause
Blocky Vermelho	Solario Plus	PVY12, TMV, PMMoV12, CMV, Pc	Clause
Blocky Vermelho	Cayman		Clause
Blocky Vermelho	Enterprise		Clause

Lamuyo Verde	Campero		Clause
S. Italian Verde	Lipari	ToMV	Clause
S. Italian Verde	Dinamo	PVY01, TMV	Clause
Blocky Vermelho	Magistral	ToMV, Xcv	Seminis
Lamuyo Verde	Supremo	PVY0, TM-0	Seminis
Lamyo Pc Verde	SV1634PH	PVY12, PepMov, Pc, Xcv	Seminis
Lamyo Pc Verde	Impacto	PepMov, Xcv, TSWV, Pc	Seminis
Retangular Vermelho	Ciro	TMV	Feltrin
Retangular Vermelho	Theo	PepYMV, Xcv	Feltrin
Retangular Vermelho	Donatelo	TSWV, PVY, ToMV	Feltrin
Retangular Amarelo	Barão	TSWV, PVY, CMV	Feltrin
Blocky Vermelho	All Big		Feltrin
Blocky Vermelho	Yolo Wonder		Feltrin
Blocky Amarelo	Bellfort	TSWV, PMMoV123	Feltrin
Lamuyo Verde	Tibérius	PVY12, ToMV	Feltrin
Lamuyo Verde	Lutero	PVY12, TMV, Xcv	Feltrin
Lamuyo Verde	Gianni	PVY12, TMV	Feltrin
Lamuyo Verde	Ario	PepYMV	Feltrin
Lamuyo Verde	Ikeda		Feltrin
Lamuyo Verde	Conrado	PepYMV	Feltrin
Lamuyo Verde	Derick	PepYMV	Feltrin
Lamuyo Verde	SF 134		Feltrin
Lamuyo Verde	Masada	PVY1, ToMV	Házera
Retangular Vermelho	Balzac	TM0-3, TSWV	Nunhems
Retangular Amarelo	Rialto	ToMV, TSWV	Nunhems
Blocky Amarelo	Quark	ToMV	Nunhems
Blocly Amarelo	Orazio	TSWV, ToMV	Nunhems
Blocky Vermelho	Mustang	TSWV, TMV123	Nunhems
Retangular Vermelho	Margarita	ToMV	Syngenta
Retangular Vermelho	Platero	TMV, TSWV	Syngenta
Retangular Vermelho	Gaston	ToMV	Syngenta
Retangular Amarelo	Peppone	TSWV, CMV, Lt	Syngenta
Retangular Amarelo	Eppo	TSWV, CMV	Syngenta
Blocky Vermelho	Crusader	PVY12, ToMV, Xcv	Syngenta
Lamuyo Verde	Sansão	PVY12, CMV, Xcv	Syngenta
Lamyo Pc Verde	Nathalie	PVY12, ToMV, Pc	Syngenta
Lamuyo Verde	Meire	PepYMV	Bioseeds
Lamuyo Verde	Maisa	PepYMV, PVY12, Pc	Bioseeds
Retangular Vermelho	Atlantis	PepYMV	TopSeed

Blocky Vermelho	Kolima	PVY12, TMV, CMV, Xcv	TopSeed
Blocky Vermelho	Vittor	PepMov, PepYMV, TMV, TEV, Xcv	TopSeed
Lamuyo Verde	Arcade	PepYMV, TMV	TopSeed
Jalapeño	Plus	Xcv	TopSeed
Lamuyo Verde	Heloísa	PVY12, ToMV	Horticeres
Lamuyo Verde	Isabela	PVY12, ToMV	Horticeres
Lamuyo Verde	Paloma	PVY, TSWV, PepMov	Horticeres
Lamyo Pc Verde	Priscila	PVY, Pc	Horticeres
Retangular Vermelho	All Big		Isla
Retangular Amarelo	Sucesso	TMV, TSWV, PVY	Isla
Blocky Vermelho	Yolo Wonder		Isla
Blocky Amarelo	Satrapo	TMV	Isla
Blocky Amarelo	Alegria		Isla
Cônico Verde	Alongado Doce		Isla
Cônico Verde	Itapuã		Isla
Lamuyo Verde	Cascadura Ikeda	PVY	Isla
Lamuyo Verde	Andes Kobayashe	TMV, CMV	Isla
Lamuyo Verde	Barbaro	ToMV, PVY 12, Pc	Isla
Lamuyo Verde	Explendor		Isla
Lamuyo Verde	Exito		Isla
Lamuyo Verde	Green Belt Kobayashi		Isla
Lamuyo Verde	Proveito		Isla
Lamuyo Verde	Talento		Isla
Lamuyo Verde	Triunfo	TMV, TSWV	Isla
Mini Vermelho	Kaolin		Isla
Mini Amarelo	Moke		Isla
Lamyo Pc Verde	Mayara	PVY12, CMV, Pc	Hortec
Retangular Vermelho	Balico	PVY	Vilmorin
Retangular Vermelho	Lucigno	PVY, TSWV	Vilmorin
Retangular Amarelo	Lussac	TMV, TSWV	Vilmorin
Cônico Verde	Foulki	TMV	Vilmorin
Lamuyo Verde	V702	PVY12	Vilmorin
Lamuyo Verde	Canário	PVY	Agrocinco
Lamuyo Verde	Topaz	PVY	Agrocinco
Retangular Vermelho	Wando	PVY12, ToMV	Tecnoseed
Lamyo Pc Verde	Maestro	PepYMV	Tecnoseed

Fonte: Os autores.

5 Referências

AMORIM, L. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. v. 2.

BERNHARDT, E.; DODSON, J.; WATTERSON, J. **Cucurbit diseases**: a practical guide for seedsmen, growers & agricultural advisors. Saticoy: Calif. Petossed, 1988.

BEZERRA-AGASIE, I. C. et al. First report of *Tomato severe rugose virus* in chili pepper in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, no. 1, p. 114, 2006.

BOUKEMA, I. W. Resistance to TMV in Capsicum chacoense Hunz. is governed by an allele of the L-locus. **Capsicum Newsletter**, Beltsville, no. 3, p. 47-48, 1984.

CEZAR, M. A. et al. Evaluation of resistance of Capsicum spp. genotypes to tobamovirus. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 39-43, 2009.

FIGUEIRA, A. R. Cucurbitáceas: doenças causadas por vírus. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, p. 32-33, 1985.

GIORIA, R. et al. (2009). Breakdown of resistance in sweet pepper against *Pepper yellow mosaic virus* in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 267-269.

INOUE-NAGATA, A. K.; LIMA, M. F.; GILBERTSON, R. L. A review of geminivirus diseases in vegetables and other crops in Brazil: current status and approaches for management. **Horticultura Brasileira**, Brasilia, DF, v. 34, n. 1, p. 8-18, 2016b.

______ et al. Vírus transmitidos por moscas-brancas no Brasil: vetores, principais doenças e manejo. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 24, p. 7-29, 2016a.

JARVIS, W. R.; NUTTALL, V. W. **Cucumber diseases**. In: FORMATION SERVICES, AGRICULTURAL CANADA. 1979. (Publication 1648).

LISA, V.; LECOQ, H. ***Zucchini yellow mosaic virus***. CMI/AAB, 1984. (Description of plant viruses, 282).

LOVISOLO, O. Virus and viroid diseases of cucurbits. **Acta Horticulturae**, Wageningen, no. 88, p. 33-71, 1980.

MOURA, M. F. et al. A classification of *Pepper yellow mosaic virus* isolates into pathotypes. **European Journal of Plant Pathology**, London, v. 131, no. 4, p. 549, 2011.

______. Ocorrência de infecção viral mista em pimentão no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 2, p. 170-170, 2012.

NOZAKI, D. N.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M. A. Begomovirus infectando a cultura de pimentão no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 244-247, 2010.

PURCIFULL, D.; HIEBERT, E.; EDWARDSON, J. ***Watermelon mosaic virus***. CMI/AAB, 1984. (Description of plant viruses, 293).

______ et al. ***Papaya Ringspot Virus***. CMI/AAB, 1984. (Description of plant viruses, 292).

REGO, A. M.; CARRIJO, I. V. Doenças das cucurbitáceas. In: ZAMBOLIM, L.; VALE F. X. R.; COSTA, H. (Org.). **Controle de doenças de plantas**: hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. v. 2, p. 535-620.

REZENDE, J. A. M. et al. Incidence, biological and serological characteristics of a tospovirus in experimental fields of zucchini in São Paulo State, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 92-95, 1997.

YUKI, V. A. et al. Occurrence, distribution and relative incidence of viruses infective cucurbits in the Sate of São Paulo, Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 84, no. 5, p. 516-520, 2000.

ZAMBOLIM, L.; VALE F. X. R.; COSTA, H. (Org.). **Controle de doenças de plantas**: hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.

ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. **Compendium of cucurbit diseases**. St. Paul: APS Press, 1996.

Doenças fúngicas

Jesus G. Töfoli e Ricardo J. Domingues

1 Introdução

As doenças fúngicas, quando não controladas adequadamente, podem ser devastadoras, reduzindo drasticamente a produtividade e a qualidade da produção. Essas podem afetar folhas, pecíolos, botões florais, frutos, caules e sistema radicular, causando desfolha, queda de vigor, murchas, podridões e, em alguns casos, a morte de plantas.

O conhecimento dos sintomas, a etiologia, a epidemiologia e as medidas de controle são fundamentais em sistemas integrados que busquem a sustentabilidade da produção, a redução do impacto ambiental e os melhores níveis de qualidade de vida.

2 Solanáceas

Composta por 92 gêneros e cerca de 2.300 espécies, a Família Solanaceae é uma das mais importantes e mais complexas dentre as oleráceas. Pertencentes aos gêneros *Solanum* e *Capsicum*, as solanáceas de fruto, como tomate (*Solanum lycopersicum*), pimentão (*Capsicum annuum*), pimentas (*Capsicum* spp.), berinjela (*Solanum melongena*) e jiló (*Solanum gilo*), representam culturas de grande interesse econômico, social e cultural.

O cultivo de solanáceas de fruto, em geral, caracteriza-se pelo alto nível tecnológico, sendo sempre priorizadas práticas como o plantio de cultivares e de híbridos com alto potencial genético, a nutrição equilibrada, a irrigação controlada, o manejo sistemático de pragas e de doenças, entre outras.

As doenças fúngicas, quando não controladas adequadamente, podem ser devastadoras, reduzindo drasticamente o ciclo da cultura, a produtividade e a qualidade dos frutos.

2.1 Requeima ou mela (*Phytophthora infestans*)

Rápido desenvolvimento e alto potencial destrutivo caracterizam a requeima como uma das mais importantes e agressivas doenças do tomateiro, podendo afetar também outras solanáceas de frutos. Em períodos úmidos associados a temperaturas amenas, a doença pode inviabilizar o cultivo em poucos dias.

Sintomas

Nas folhas, os primeiros sintomas são definidos por manchas irregulares, úmidas, com coloração verde-clara ou escura, podendo ser envoltas ou não por um halo amarelado. Ao evoluírem, essas se tornam necróticas, murchas e assumem coloração de pardo-escura a negra. Nos brotos, a doença causa a morte das gemas apicais, limitando diretamente o desenvolvimento das plantas. Nos caules, nos pecíolos, nos ráquis e nos pedúnculos, as manchas são escuras, úmidas, alongadas e aneladas. Nos frutos, a doença causa uma podridão dura, caracterizada por lesões irregulares, deformadas, profundas, de coloração de castanho-clara a marrom-escura. Na face inferior das folhas e nos demais órgãos afetados, é comum a formação de um crescimento branco-aveludado, sobre ou em torno do tecido necrosado (anel de esporulação), constituído por esporangióforos e esporângios do patógeno (Figuras 1 a 3). Sintomas severos da doença são caracterizados por completa destruição da área foliar, quebra de caules e queda de frutos. Os sintomas geralmente se iniciam no seu terço médio, podendo posteriormente afetar toda a parte aérea da planta. Durante a fase de produção de mudas, a requeima pode causar falhas na germinação, tombamento de plântulas, morte do broto terminal e destruição das primeiras folhas verdadeiras.

Figura 1- Requeima do tomateiro.
Fonte: Os autores.

Figura 2 - Esporulação de *P. infestan* sem tomateiro.
Fonte: Os autores.

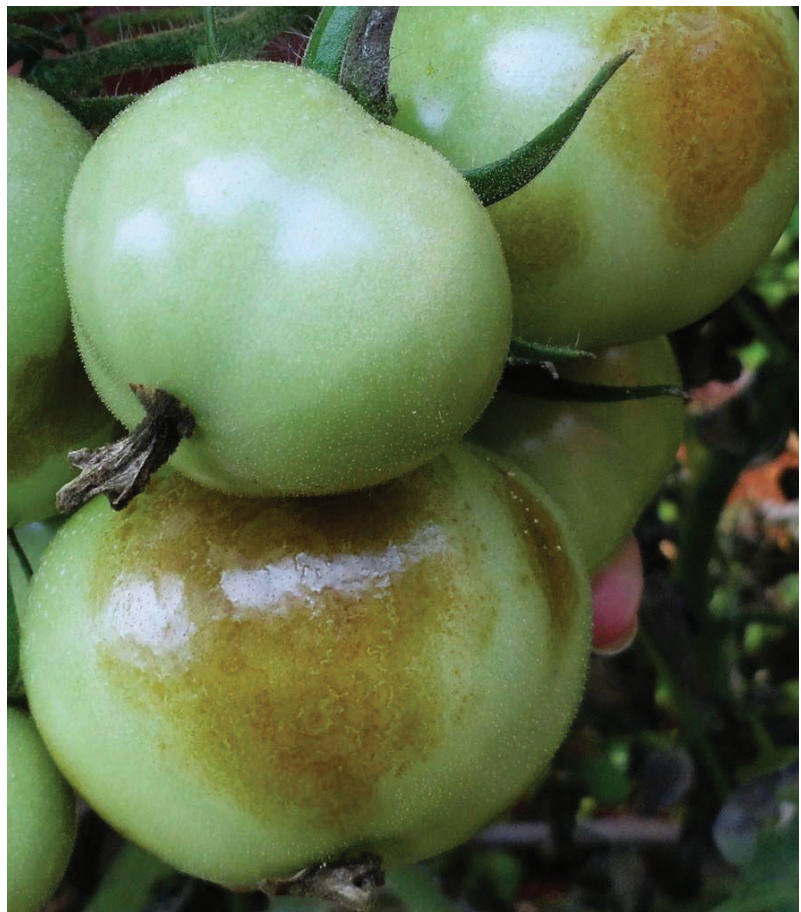



Figura 3 - Requeima em frutos de tomate.
Fonte: Os autores.

Agente causal

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary pertence ao Reino Chromista, Filo Oomycota, classe Oomycetes. Caracteriza-se por apresentar características morfológicas semelhantes aos fungos, porém taxonomicamente é mais próxima das algas marrons e diatomáceas. Apresenta crescimento micelial característico, contudo não apresenta septos (micélio cenocítico) e possui a parede celular composta por celulose e glucanas. Os esporângios são hialinos, globosos e papilados. Os esporangióforos apresentam ramificação simpodial e geralmente emergem através dos estômatos. Em meio de cultura, o oomiceto apresenta colônias difusas, quase sempre circulares, com aspecto aveludado e coloração branca típica.

Estudos sobre populações de *P. infestans* têm evidenciado surgimento de genótipos cada vez mais agressivos, adaptados e resistentes a alguns fungicidas. Tal fato tem sido justificado, a nível genômico, pela presença de um grande número de elementos transpósons e regiões hipervariáveis capazes de gerar variações genéticas significativas e pela ocorrência cada vez mais frequente e disseminada da reprodução sexuada e de isolados autoférteis.

Entre as solanáceas de fruto, a requeima é especialmente importante na cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*), porém sua ocorrência também é relatada nas culturas do pimentão (*Capsicum annuum*), da berinjela (*Solanum melongena)* e das pimentas (*Capsicum* spp.). Além dessas espécies, a doença pode afetar a batata (*Solanum tuberosum* L.), a petúnia (*Petunia* hybrida) e várias plantas invasoras, entre as quais se destacam a figueira do inferno (*Datura stramonium* L.), o picão branco (*Galinsoga parvifora* Cav), a corda de viola (*Ipomoea purpurea* L.), o falso joá de capote (*Nicandra physalodes* L.), o joá de capote (*Physalis angulata* L.), o fisális (*Physalis* spp.), a maria-pretinha (*Solanum americanum* L.), a maravilha (*Mirabilis jalapa* L), a *Solanum* spp. e a *Nicotiana* spp.

Condições favoráveis

A requeima é favorecida por temperaturas que variam de 10 °C a 25 °C, períodos de molhamento foliar superiores a 12 horas e ambientes de névoa e chuva fina. Em algumas situações, a altitude associada à presença de orvalho e a queda da temperatura noturna são suficientes para epidemias importantes da doença. Os esporângios germinam diretamente quando as temperaturas variam de 18 °C a 25 °C, ou podem produzir zoósporos biflagelados quando essas se encontram na faixa de 8 °Ca 18 °C. Cada esporângio origina, em média, oito zoósporos, o que aumenta significativamente a quantidade de inóculo e, consequentemente, a severidade e o potencial destrutivo da doença. A penetração do pró-micélio, resultante da germinação dos esporângios ou dos zoósporos encistados, é direta no tecido vegetal, com a formação de apressório. Após a infecção, a colonização dos tecidos é muito rápida, sendo o período de incubação de 48 a 72 horas.

Quando se observa a interação dos grupos de compatibilidade A1 e A2 em uma mesma planta (reprodução sexuada) ou a ocorrência de isolados autoférteis, verifica-se formação de estruturas de resistência denominadas oósporos. Esses podem permanecer viáveis no solo por longos períodos e são capazes de originar novos ciclos da doença (inóculo primário).

A disseminação de *P. infestans* ocorre principalmente via sementes e mudas infectadas, ação de ventos e respingos de água de chuva ou irrigação.

2.2 Pinta preta ou Mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.)

A pinta preta também representa uma importante e destrutiva doença em solanáceas de frutos. Causada por fungos do Gênero *Alternaria*, caracteriza-se por causar redução da área foliare depreciação de frutos. A doença é favorecida por períodos úmidos e temperaturas elevadas. No Brasil, a doença está presente em todas regiões produtoras, sendo comum em campo aberto e cultivo protegido.

Sintomas

Os sintomas aparecem primeiramente nas folhas mais velhas, sendo caracterizados por lesões necróticas, pardo-escuras, com anéis concêntricos típicos e bordos definidos. As lesões ocorrem isoladas ou em grupos, podendo ou não ser envoltas por um halo amarelado. Ao evoluírem, essas coalescem e causam a destruição completa de folhas e de folíolos. Níveis elevados de desfolha reduzem o vigor, o potencial produtivo das plantas e expõem os frutos a queimaduras de sol. No caule, no pedúnculo, nas ráquis e nos pecíolos, os sintomas são semelhantes aos observados em folhas, porém as lesões são mais escuras, alongadas, aneladas e levemente deprimidas. Nos frutos, as lesões são circulares e localizam-se geralmente na região peduncular. São escuras, deprimidas, concêntricas e recobertas por um mofo negro constituído por conídios e conidióforos do fungo (Figuras 4 a 9). Sementes infectadas podem causar falhas na germinação, tombamento de plântulas e lesões no colo de mudas na fase de bandeja ou logo após o transplante.

Aparentemente não existem diferenças sintomatológicas significativas entre as diferentes espécies de *Alternaria* que afetam as solanáceas, porém essas podem diferir quanto à agressividade e ao potencial destrutivo. As plantas tendem a ser mais suscetíveis à pinta preta após o início da frutificação, quando a demanda de nutrientes é maior para a formação e o crescimento dos frutos em detrimento da área foliar.

Figura 4 - Sintoma inicial de pinta preta em tomateiro.
Fonte: Os autores.

Figura 5 - Pinta preta.
Fonte: Os autores.

Figura 6 - Pinta preta em caule de tomateiro.
Fonte: Os autores.

Figura 7- Pinta preta em frutos de tomate.
Fonte: Os autores.

Figura 8 - Pinta preta em folha de pimentão.
Fonte: Os autores.

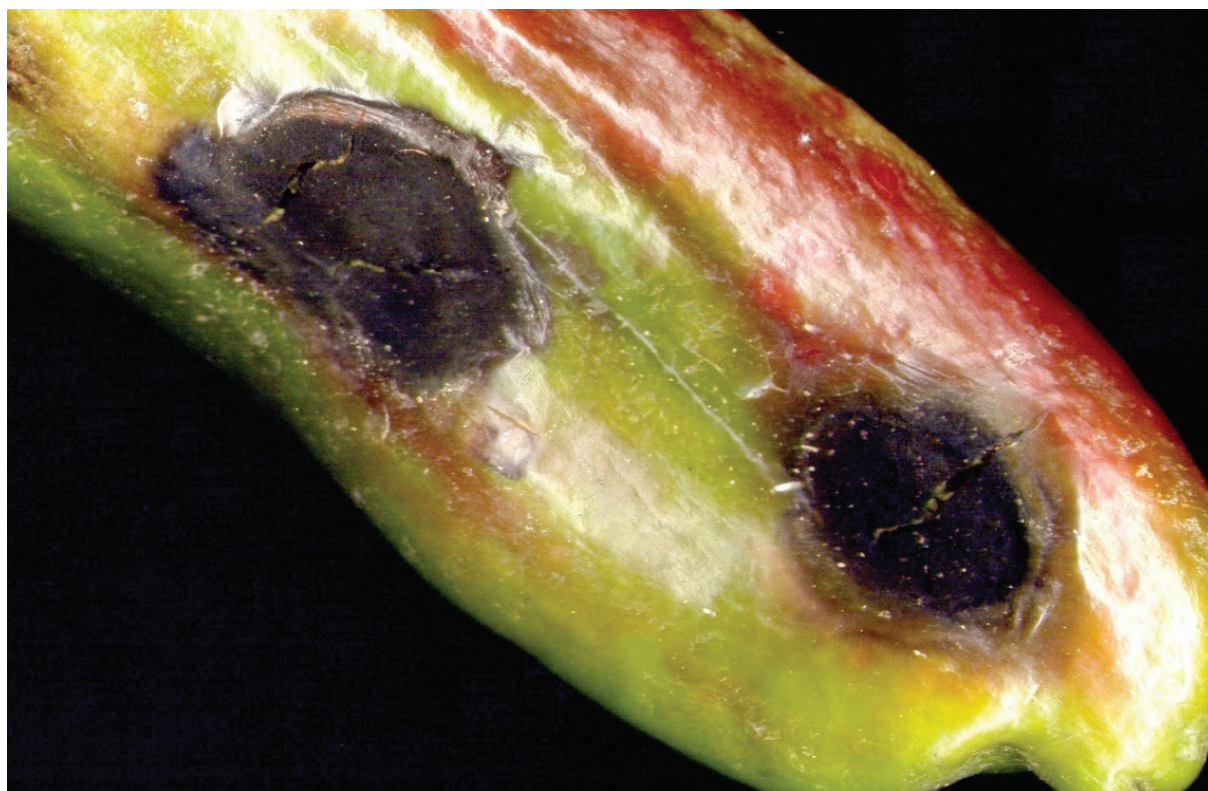



Figura 9 - Pinta preta em fruto de pimentão.
Fonte: Os autores.

Agente causal

O gênero *Alternaria* possui conídios de tamanho variável, multicelulares, ovoides ou obclavados, em várias tonalidades de marrom, com septos longitudinais e, às vezes, oblíquos. As colônias em meio de cultura são geralmente difusas, de cinza-claro a negras, podendo apresentar halos de crescimento concêntricos e tingir o meio de cultura com pigmentos amarelo-alaranjados.

Entre as espécies de *Alternaria* descritas em solanáceas de fruto, destacam-se as referidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Espécies de *Alternaria* em solanáceas de fruto

Hospedeiros	Agente causal
Tomateiro *Solanum lycopersicum*	*A. solani* Sorauer *A. tomatophyla* *A. cretica* Simmons & Vakalounakis *A. alternata* (Fr.: Fr.) Keissl.
Pimentão *Capsicum annumm*	*A.solani* Sorauer *A. alternata* (Fr.: Fr.) Keissl. *Alternaria* sp.
Pimenta *Capsicum* spp.	*A.solani* Sorauer *A. alternata* (Fr.: Fr.) Keissl. *Alternaria* sp.
Berinjela *Solanum melongena*	*A.solani* Sorauer *A.alternata* (Fr.: Fr.) Keissl.

Fonte: Fungal Databases (2018).

Além das solanáceas de fruto, o gênero *Alternaria* pode afetar a cultura da batata (*Solanum tuberosum)* e plantas invasoras, como falso joá de capote (*Nicandra physaloides* L.), joá de capote (*Physalis angulata* L.), maria-pretinha (*Solanum americanum* L.), Amaranto (*Amaranthus* spp.), fisális (*Physalis* spp.), picão branco (*Galinsoga parviflora*), trombeta (*Datura* spp.), *Solanum* spp., entre outras. Tal fato não significa que um mesmo isolado possa infectar solanáceas de fruto indistintamente.

Condições favoráveis

Epidemias severas de pinta preta ocorrem principalmente no final da primavera e verão, quando predominam temperaturas na faixa de 25 °C a 32 °C e alta umidade. No entanto, surtos da doença podem ser observados em invernos menos rigorosos. Os agentes causais podem sobreviver entre um cultivo e outro em restos de cultura, plantas voluntárias ou hospedeiros alternativos. Além dessas formas de sobrevivência, o fungo pode permanecer viável no solo na forma de micélio, esporos ou clamidósporos. Os conídios caracterizam-se por serem altamente resistentes a baixos níveis de umidade, podendo permanecer viáveis por dois anos ou mais nessas condições. Uma vez presentes na cultura, esses são dispersos pela ação da água, dos ventos, dos insetos e pelo contato e atrito entre folhas sadias e doentes. Em condições favoráveis, os conídios germinam e infectam as plantas rapidamente, podendo o fungo penetrar diretamente pela cutícula ou através de estômatos e ferimentos. Os primeiros sintomas aparecem entre 24 e 72 horas após a inoculação.

Plantas sujeitas a desequilíbrios nutricionais, estresses causados por rizoctoniose, viroses, nematoides e pragas, ou cultivadas em solos pobres em matéria orgânica são mais suscetíveis à doença.

A disseminação do fungo a longas distâncias ocorre principalmente através de sementes e mudas doentes e pela ação de ventos.

2.3 Septoriose ou Mancha de *Septoria* (*Septoria lycopersici*)

A septoriose é uma doença frequente na cultura do tomateiro, porém sua ocorrência também pode ser observada em outras solanáceas de importância econômica. Quando não controlada de forma adequada, a doença pode causar redução significativa na produtividade e na qualidade de frutos.

Sintomas

Os sintomas manifestam-se inicialmente nas folhas mais velhas, com a formação de numerosas lesões circulares ou elípticas de coloração acinzentada no centro, com bordos definidos e escuros, podendo ou não ser circundadas por um halo amarelado. Em condições de alta umidade, observam-se, no centro das lesões, os picnídios do fungo (pontos negros), onde os conídios são formados. Em ataques severos, ocorre o coalescimento das lesões, causando o amarelecimento, seguido de seca e queda das folhas (Figuras 10 e 11). A desfolha reduz, visivelmente, o vigor e o potencial produtivo das plantas e expõe os frutos a queimaduras de sol. Sintomas semelhantes aos observados em folíolos também são observados no caule, nos pecíolos e nas sépalas, porém as lesões são menores e tendem a ser mais escuras. Os frutos raramente são afetados. De modo geral, as plantas tendem a ser mais suscetíveis após o início da frutificação, quando a demanda de nutrientes é maior para a formação e o crescimento dos frutos.

Figura 10 - Septoriose em tomateiro.
Fonte: Os autores.

Figura 11 - Septoriose.
Fonte: Os autores.

Agente causal

O fungo *Septoria lycopersici* Speg possui conídios hialinos, longos, finos, com três a nove septos, conidióforos curtos, produzidos em picnídios globosos, ostiolados e escuros. A massa conidial desse fungo apresenta coloração rosada, salmão ou marrom-escura. O micélio é hialino, ramificado e septado.

A septoriose é uma doença muito comum na cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*), porém sua ocorrência também é relatada nas culturas de pimentão (*Capsicum annuum*) e berinjela (*Solanum melongena*). Além das solanáceas citadas anteriormente, a doença pode ocorrer em petúnia (*Petunia* hibrida) e em algumas invasoras, como maria pretinha (*Solanum americanum* L.), figueira do inferno (*Datura stramonium* L.) e fisális (*Physalis* sp.).

Condições favoráveis

A septoriose é favorecida por períodos de alta umidade, temperaturas moderadas e longos períodos de molhamento foliar. As temperaturas consideradas ótimas para infecção e evolução da doença variam de 16 °C a 28 °C (ótima de 25 °C). Para que o fungo possa infectar as plantas, é necessária a elevada umidade relativa (acima de 90%) por um período mínimo de 48 a 72 horas. Os primeiros sintomas da doença são observados de 6 a 7 dias após a inoculação. A principal via de sobrevivência do patógeno são os restos de cultura. A sua disseminação geralmente ocorre por sementes e por mudas infectadas, ação de ventos, respingos de água de chuvas e de irrigação etc.

2.4 Mancha de *Stemphylium* (*Stemphylium* spp.)

A mancha de *Stemphylium* pode ser uma doença importante quando se utilizam cultivares e híbridos suscetíveis e/ou existem falhas na aplicação de fungicidas. Queda de vigor das plantas, redução do ciclo e redução na produtividade e no tamanho dos frutos são os principais danos causados pela doença.

Sintomas

A doença afeta as plantas durante todo o ciclo, porém se torna mais evidente a partir do início da colheita. O sintoma típico da doença é a presença de manchas foliares pequenas, escuras, irregulares e rasgadas (Figura 12). As folhas afetadas podem amarelar e depois secar, podendo causar desfolha significativa em materiais suscetíveis. A doença afeta principalmente as folhas mais novas, o que a diferencia das demais manchas foliares. O comprometimento das folhas mais novas reduz o ciclo das plantas, acarretando quedas no rendimento. Alterações similares às observadas nas folhas podem ocorrer, com pouca frequência, em caules jovens e pecíolos. Os frutos não são afetados diretamente pela doença.

Figura 12 - Mancha de *Stemphylium.*
Fonte: Os autores.

Agente causal

Diferentes espécies do gênero *Stemphylium* têm sido encontradas causando doença em solanáceas no Brasil, entre elas estão *S. solani* e *S. lycopersici*.

Stemphylium solani G.F. Weber produz conidióforos de cor clara a meio escura com até 200 μm de comprimento e 4 a 7 μm de largura e 8 a 10 μm de diâmetro; conídios pontiagudos com 3 a 6 septos transversais e alguns longitudinais.

Stemphylium lycopersici (Enjoji) W. Yamam produz conidióforos de cor clara a meio escura com até 140 μm de comprimento e 6 a 7 μm de largura, com 8 a 10 μ de diâmetro; conídios pontiagudos até o ápice com 1 a 8 septos transversais e outros longitudinais.

O gênero *Stemphylium* pode afetar as culturas de tomate (*Solanum lycopersicum*), jiló (*Solanum gilo*), berinjela (*Solanum melongena*), pimentão (*Capsicum annuum*), pimenta (*Capsicum frutescens*), bem como plantas invasoras como joá de capote (*Nicandra physalodes*), joá bravo (*Solanum sisymbrifolium*), jurubeba doce (*Solanum abutifolium*), entre outras.

Tabela 2 - Espécies de *Stempylium* associadas a solanáceas de fruto

Hospedeiros	Agente causal
Tomateiro *Solanum lycopersicum*	*Stemphylium solani* *S. lycopersici*
Pimentão *Capsicum annuum*	*Stemphylium solani* *S. lycopersici*

Berinjela *Solanum melongena*	*Stemphylium solani* *S. lycopersici*
Pimenta *Capsicum frutescens*	*Stemphylium solani*
Jiló *Solanum gilo*	*Stemphylium solani*

Fonte: Fungal Databases (2018).

Condições favoráveis

A doença é favorecida por alta umidade, temperaturas superiores a 25 °C e desequilíbrio nutricional. A sobrevivência do fungo se dá em restos de cultura, bem como em hospedeiros alternativos.

Os agentes causais da mancha de estenfílio podem ser transmitidos por sementes, mudas, insetos, ação de ventos e respingos de água de chuva e de irrigação.

2.5 Oídios [(*Pseudoidium neolycopersici*; *Oidiopsis sicula* (*Leveillula taurica*)]

Os oídios são doenças altamente destrutivas em solanáceas de frutos, principalmente quando cultivadas em estufas e submetidas à irrigação localizada. Essas doenças reduzem de forma significativa o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade de frutos.

Sintomas

Plantas afetadas por *Pseudoidium neolycopersici* apresentam um típico crescimento pulverulento branco-acinzentado sobre folhas, folíolos, pecíolos e caule, constituído de micélio e estruturas de frutificação do patógeno. Os órgãos afetados pela doença tendem a tornar-se amarelos, necróticos e secam com o passar do tempo. A doença é favorecida por temperaturas amenas e baixa umidade.

Em relação aos sintomas causados por *Oidiopsis sicula*, observa-se, primeiramente, a formação de manchas amareladas na página superior dos folíolos, acompanhadas pela formação de um crescimento branco-aveludado na face inferior das mesmas. Com o passar do tempo, as manchas amareladas tornam-se necróticas, podendo destruir completamente folhas e folíolos (Figuras 13 e 14). A doença manifesta-se inicialmente nas folhas mais baixas e atinge rapidamente as mais novas. Clima quente e seco favorece a ocorrência e o progresso da doença.

Figura 13 - *Oidiopsis* em pimentão.
Fonte: Os autores.

Figura 14 - Esporulação de *O. sicula* em pimentão.
Fonte: Os autores.

Agente causal

Pseudoidium neolycopersici (L. Kiss) L. Kiss apresenta conídios elípticos, hialinos, surgindo isoladamente sobre conidióforos curtos, hialinos, não ramificados. Apresenta micélio exofítico branco acinzentado que se desenvolve na superfície de folhas, pecíolos e caules. A absorção dos nutrientes pelo fungo é feita através dos haustórios, estruturas especializadas para fixação e absorção de nutrientes da planta. O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) e algumas solanáceas invasoras como *Solanum* spp. e *Datura* spp. são hospedeiras do patógeno.

Oidiopsis sicula Scalia (*Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud) apresenta micélio endofítico. Os conidióforos são hialinos e emergem dos estômatos, sendo alguns deles subdivididos em dois a três ramos. Os conídios são hialinos, podendo apresentar formatos piriforme (primários) e cilíndrico (secundários). Entre os hospedeiros de *O. sicula*, destacam-se o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*), a berinjela (*Solanum melongena*), as pimentas (*Capsicum* spp.) e o jiló (*Solanum gilo*).

Ambos são classificados como parasitas obrigatórios, isto é, sobrevivem apenas na presença dos hospedeiros.

Condições favoráveis

Os oídios são facilmente disseminados pela ação de ventos, sendo desnecessária a presença de um filme de água na superfície do hospedeiro para que ocorra a infecção. A doença pode ocorrer em uma ampla faixa de temperatura que varia de 10 °C a 35 °C e umidade inferior a 70%. O sistema de irrigação por gotejamento, comumente utilizado em cultivo protegido, acaba favorecendo os oídios pelo não molhamento das folhas.

2.6 Mancha de *Cladosporium* (*Fulvia fulva*)

A mancha de *Cladosporium* ocorre com maior frequência e severidade em cultivos protegidos sujeitos a temperaturas amenas e alta umidade do ar.

Figura 15 - Mancha de *Cladosporium.*
Fonte: Os autores.

Figura 16 - Esporulação de *F. fulva.*
Fonte: Os autores.

Sintomatologia

Afeta folhas, caules, pecíolos, flores e frutos, sendo que os sintomas mais típicos da doença são observados nas folhas, onde se verificam manchas irregulares amarelas na face superior (clorose generalizada), com ampla frutificação do fungo, de cor verde-oliva a parda, na face inferior das mesmas (Figuras 15 e 16). Posteriormente, as áreas afetadas tornam-se necróticas, as folhas secam e ocorre a desfolha generalizada das plantas.

Agente causal

Cladosporium fulvum Cooke (Sin. *Fulvia fulva* (Cooke) Cif.) apresenta conidióforos verticais, simples, septados ou não, de 4-6 μm de diâmetro e 60-100 μm de comprimento. Os conídios possuem formato variado e podem apresentar até dois septos. O fungo pode apresentar várias raças fisiológicas.

Além do tomateiro, o fungo pode afetar outras solanáceas, como pimentão (*Capsicum annuum*), pimentas (*Capsicum* spp.), berinjela (*Solanum melongena*), entre outras.

Condições favoráveis

A doença é favorecida por temperaturas que variam de 20 °C a 25 °C e umidade relativa superior a 85%. Após a penetração do fungo nos tecidos, a doença apresenta um longo período de incubação que pode variar de 12 a 15 dias.

O fungo *C. fulvum* sobrevive em restos de cultura no solo ou hospedeiros alternativos, podendo ser disseminado pelo vento, por respingos de água (chuva e irrigação) e por sementes e mudas contaminadas.

2.7 Mofo cinzento (*Botrytis cinerea*)

O mofo cinzento em solanáceas de fruto pode ser problemático em cultivos protegidos sujeitos à alta umidade e a temperaturas amenas. Estufas mal ventiladas e plantios adensados favorecem a doença.

Sintomas

Os sintomas em folhas e em pecíolos manifestam-se por meio de grandes lesões necróticas, pardas, zonadas e geralmente recobertas por um bolor acinzentado. Em frutos verdes, a doença manifesta-se na forma de anéis esbranquiçados com um pequeno ponto necrótico no centro. Nos frutos próximos à maturação, observa-se uma podridão mole na região do pedúnculo, normalmente recoberta pela esporulação acinzentada do fungo (Figuras 17 a 19). A doença também pode causar o tombamento de plântulas e destruir a área foliar de mudas na fase de viveiro.

Figura 17 - Mofo cinzento em folíolo de tomateiro.
Fonte: Os autores.

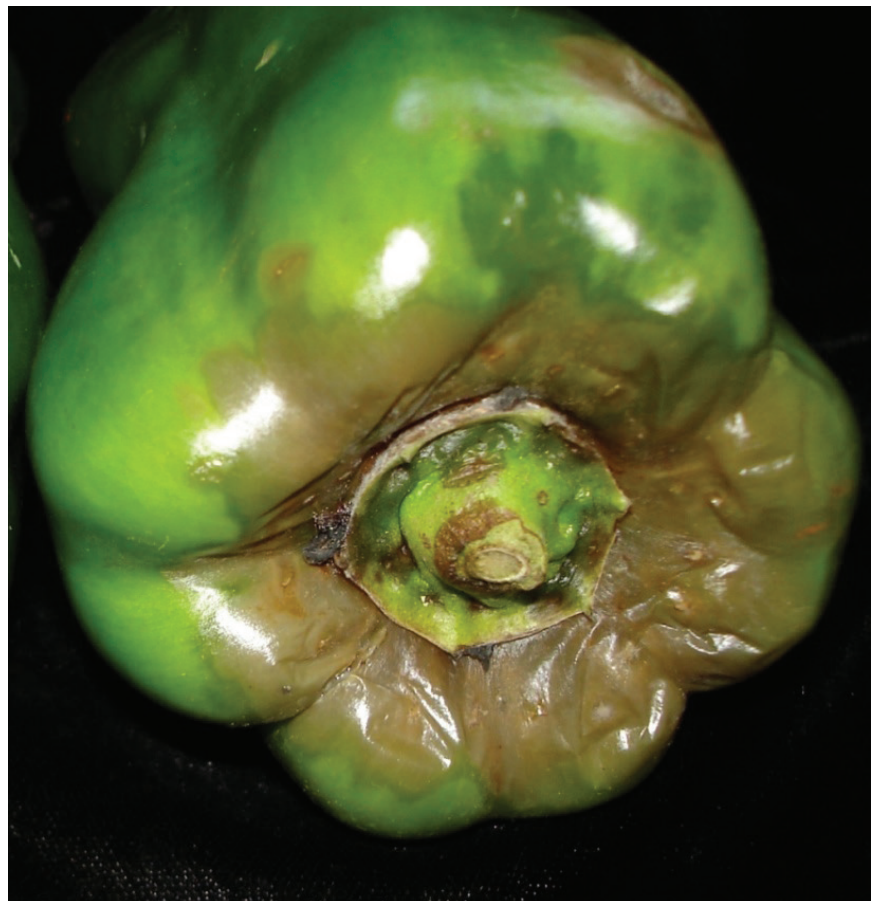



Figura 18 - Mofo cinzento em fruto de pimentão.
Fonte: Os autores.

Figura 19 - Mofo cinzento em fruto de berinjela.
Fonte: Os autores.

Agente causal

Botrytis cinerea Perz. produz abundante micélio acinzentado, composto por hifas e conidióforos ramificados que possuem, no ápice, conídios unicelulares, ovoides, incolores ou acinzentados. O fungo produz escleródios negros, duros e irregulares em tecidos infectados ou mortos pela doença. Os escleródios são capazes de produzir hifas infectivas e conídios, que podem penetrar diretamente o hospedeiro.

Além do tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o fungo pode afetar outras solanáceas de fruto, como pimentão (*Capsicum annuum*), pimentas (*Capsicum* spp.), berinjela (*Solanum melongena*), entre outras.

Condições favoráveis

A doença é favorecida por períodos úmidos (95%) e temperaturas amenas (17 °C a 23 °C). Os conídios são liberados em condições climáticas úmidas, sendo transportados por correntes de ar. Inicialmente, o fungo coloniza tecidos senescentes (folhas velhas, pétalas caídas) ou feridos e depois evolui para os tecidos sadios. Excesso de adubação nitrogenada pode originar tecidos mais tenros e mais suscetíveis à doença.

A disseminação de *B. cinerea* ocorre por meio de sementes infectadas, mudas doentes, ação de ventos e respingos de água de irrigação e de chuva.

2.8 Mancha de *Cercospora* (*Cercospora* spp.)

Comum em algumas solanáceas de fruto, a mancha de *Cercospora* pode causar desfolhas, perda de vigor e redução no tamanho dos frutos.

Sintomas

Nas folhas, a doença é caracterizada por manchas necróticas, circulares, castanhas, com centro claro (acinzentado) e bordos definidos. As lesões ocorrem isoladas ou em grupos, podendo ou não ser envoltas por um halo clorótico (Figura 20). Ao evoluírem, essas coalescem e causam a destruição completa das folhas. Níveis elevados de desfolha reduzem o vigor, o potencial produtivo das plantas e expõem os frutos a queimaduras de sol. Plantas durante as fases de floração e de frutificação são mais suscetíveis à doença.

Figura 20 - Cercosporiose em pimentão.
Fonte: Os autores.

Agente causal

O gênero *Cercospora* é caracterizado por apresentar conidióforos simples ou fasciculados, conídios longos, finos, multisseptados, escuros ou hialinos, obclavados ou cilíndricos, retos ou curvos.

Entre as espécies de *Cercospora* descritas em solanáceas de fruto, destacam-se as apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Espécies de *Cercospora* em solanáceas de fruto

Hospedeiros	Agente causal
Pimentão *Capsicum annumm*	*C. capsici* *C. melongenae*
Pimenta *Capsicum* spp.	*C. capsici* *C. melongenae*
Berinjela *Solanum melongena*	*C. melongenae*

Fonte: Fungal Databases (2018).

Além das solanáceas citadas, o gênero *Cercospora* pode infectar a invasora maria-pretinha (*Solanum americanum* L.).

Condições favoráveis

A mancha de *Cercospora* é favorecida por temperaturas que variam de 23 °C a 30 °C e alta umidade. Os agentes causais podem sobreviver em restos de cultura, em solanáceas suscetíveis ou hospedeiros alternativos. Os conídios caracterizam-se por serem altamente resistentes a baixos níveis de umidade, podendo permanecer viáveis no solo por tempo considerável. Esses são dispersos pela ação da água, pelos ventos, pelos insetos e pelo contato e atrito entre folhas sadias e doentes. Em condições favoráveis, os conídios germinam e infectam as plantas rapidamente, podendo o fungo penetrar diretamente pela cutícula ou através de estômatos e ferimentos.

A disseminação do patógeno a longas distâncias ocorre, principalmente, através de sementes e mudas doentes.

2.9 Antracnose (*Colletotrichum* spp.)

A antracnose causada por diferentes espécies do gênero *Colletotrichum* é considerada uma das mais importantes e destrutivas doenças em solanáceas. A doença pode afetar folhas, pecíolos, caules, flores e principalmente os frutos, destruindo-os ou tornando-os impróprios para o mercado.

Sintomas

Nos frutos, as lesões são circulares ou ovaladas, deprimidas, bronzeadas ou escuras, úmidas, concêntricas, quase sempre recobertas por uma massa de conídios de coloração rósea ou alaranjada (Figuras 21 a 23). As lesões podem ocorrer isoladas, em grupos e podem coalescer em situações favoráveis à doença. Frutos muito afetados tendem a apodrecer e, em algumas situações, podem tornar-se mumificados. Frutos doentes são capazes de gerar sementes contaminadas que, ao serem semeadas, podem apresentar falhas na germinação e o tombamento de plântulas recém-emergidas.

Nas folhas, nos pecíolos e nos caules, os sintomas são caracterizados por lesões castanho-escuras, irregulares, deprimidas, envoltas ou não por um halo amarelado. Em algumas situações, podem-se observar necroses em botões florais, flores e a seca de frutos jovens.

Figura 21 - Antracnose em pimenta.
Fonte: Os autores.

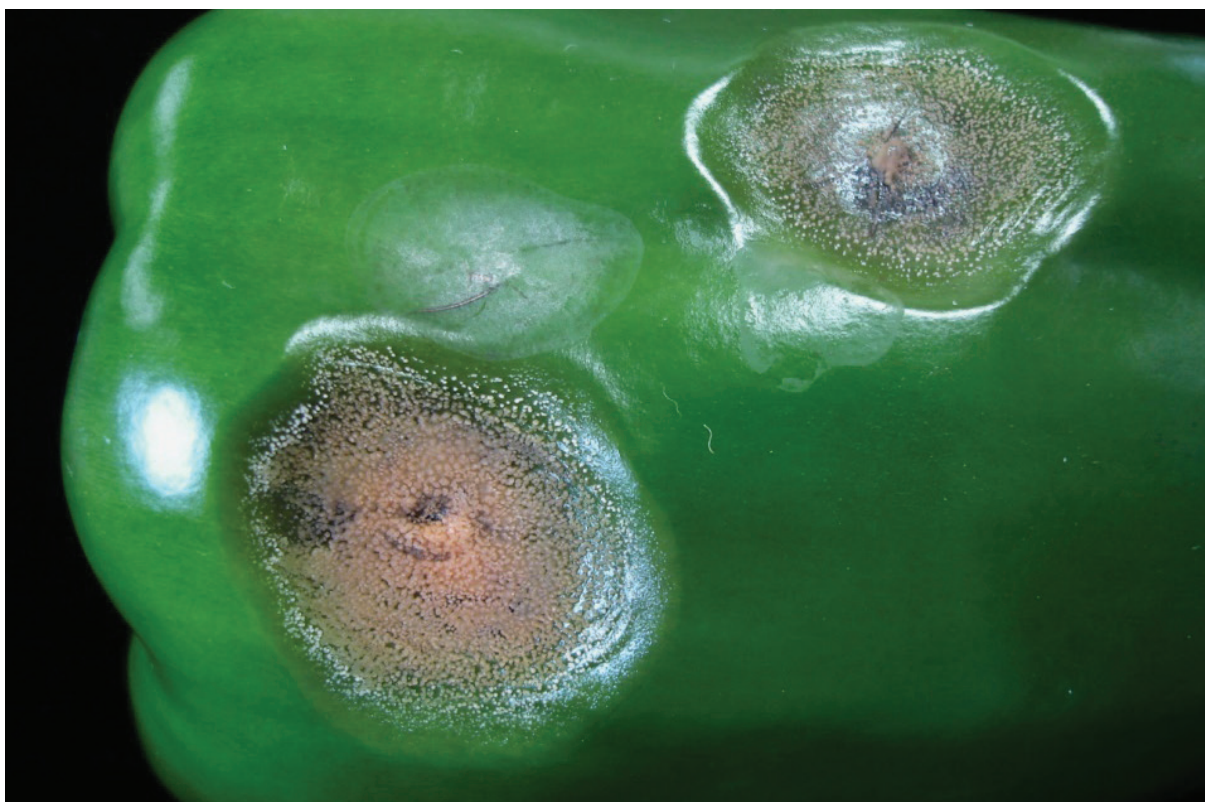



Figura 22 - Antracnose em pimentão.
Fonte: Os autores.

Figura 23 - Antracnose em tomate.
Fonte: Os autores.

Agente causal

O gênero *Colletotrichum* caracteriza-se por apresentar estruturas denominadas acérvulos que, na maturidade, rompem a cutícula pela formação de conidióforos, setas (nem sempre), conídios unicelulares e hialinos.

Entre as espécies de *Colletotrichum* descritas em solanáceas de frutos, destacam-se as apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Espécies de *Colletotrichum* em solanáceas de frutos

Hospedeiros	Agente causal
Tomate *Solanum lycopersicum*	*C. acutatum* J.H. Simmonds *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *C. coccodes* (Wallr.) S. Hughes
Pimentão *Capsicum annuum*	*C. acutatum* J.H. Simmonds *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *C. coccodes* (Wallr.) S. Hughes *C. scovillei* Damm, P.F. Cannon & Crous *C. boninense* Moriwaki, Toy. Sato & Tsukib. *C. capsici* (Syd.) E.J. Butler & Bisby
Pimentas	
Capsicum baccatum	*Colletotrichum* sp.

Capsicum frutescens	*C. capsici* (Syd.) E.J. Butler & Bisby *C. acutatum* J.H. Simmonds *C. coccodes* (Wallr.) S. Hughes *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.
Capsicum chinense	*Colletotrichum* sp.
Capsicum pubescens	*Colletotrichum* sp.
Berinjela *Solanum melongena*	*C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *C. coccodes* (Wallr.) S. Hughes
Jiló *Solanum gilo*	*C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *C. acutatum* J.H. Simmonds

Fonte: Fungal Databases (2018).

Condições favoráveis

Epidemias severas de antracnose são mais comuns na primavera e no verão, favorecidas por temperaturas que variam de 22 °C a 30 °C e por alta umidade. Nessas condições, a doença pode causar perdas que variam de 60% a 100%. Os conídios são disseminados a curtas distâncias, por respingos de água de chuva ou de irrigação. Sementes e mudas contaminadas, respingos de água de chuva e de irrigação e ação de ventos podem dispersar o agente causal no cultivo e a longas distâncias. A presença de água livre sobre os órgãos aéreos das plantas induz a germinação dos conídios que, em seguida, infectam os tecidos através da cutícula. Em algumas situações, a doença pode permanecer latente, sendo os sintomas observados apenas na pós-colheita.

A disseminação de *Colletotrichum* spp. ocorre principalmente através de sementes e de mudas doentes, da ação de ventos e através de respingos de água de chuva e de irrigação.

2.10 Mancha alvo (*Corynespora cassiicola*)

A mancha alvo é altamente destrutiva em condições de altas temperaturas e umidade. Comum na região Norte, a doença também pode ser limitante em cultivos protegidos realizados no Centro-Sul do país.

Sintomas

As manchas foliares iniciam-se como pequenas pontuações cloróticas, que evoluem para manchas concêntricas, com coloração marrom a marrom-escura, centro claro, formato circular, oval ou irregular, com ausência ou presença de halos amarelados ou acastanhados. Com a evolução da doença, as lesões coalescem, sendo observadas extensas áreas necrosadas e a morte do limbo foliar. Os frutos não são afetados diretamente pela doença, contudo problemas no desenvolvimento, tais como frutos deformados e de tamanho reduzido, podem ser constatados em ataques severos.

Agente causal

Corynespora cassiicola (Berk. & M.A. Curtis) C.T. Wei possui conidióforos marrom-claros, longos, eretos, ramificados e multisseptados. Os conídios possuem formato cilíndrico são retos ou curvados, lisos, formados isoladamente ou em cadeias de dois a seis, apresentam de 4 a 20 pseudosseptos e um hilo pronunciado na base.

Entre as hortaliças de fruto hospedeiras de *C. cassicola*, destacam-se: o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*), a berinjela (*Solanum melongena*), as pimentas (*Capsicum* spp.), o jiló (*Solanum gilo*), o melão (*Cucumis melo*), *o p*epino (*Cucumis sativum*), a melancia (*Citrullus lanatus*) e as abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*).

Condições favoráveis

O desenvolvimento da doença é favorecido em plantios adensados, em períodos de alta umidade e em temperaturas que variam de 23 °C a 32 °C.

A disseminação do patógeno pode ocorrer através de sementes e de mudas doentes, da ação de ventos e através da água de chuva e de irrigação.

2.11 Murcha de *Phytophthora* (*Phytophthora capscici*)

A murcha de *Phytophthora* é uma doença altamente destrutiva em solanáceas e em cucurbitáceas, podendo causar a murcha e a morte deplantas em curto espaço de tempo.

Sintomas

Em plantas de pimentão e de pimentas, os sintomas da doença são caracterizados por amarelecimento e queda de folhas, necrose de ramos, podridão de raízes, de colo e de frutos. Em geral, as lesões nos órgãos afetados apresentam aspecto úmido e coloração que varia de verde-escura a negra. Estádios avançados da doença são caracterizados por murcha progressiva e morte das plantas. Em condições de alta umidade, observa-se a formação de um crescimento branco-aveludado sobre as lesões de órgãos atacados, formado por esporangióforos e esporângios do patógeno.

Em tomateiro, os principais sintomas da doença são amarelecimento e queda de folhas, necrose de ramos, podridão de raízes e colo. Os frutos infectados apresentam uma podridão firme, com diferentes tonalidades de verde e grandes anéis concêntricos de coloração parda clara ou escura (podridão olho-de-veado). A doença é mais comum em tomateiro rasteiro, sendo que os frutos próximos ao solo são os mais afetados.

Em berinjela e em jiló, os principais sintomas da doença são a podridão de raízes e de frutos no campo e em pós-colheita.

Semelhantemente, em cucurbitáceas, a murcha de *Phytophthora* causa podridão de colo, de hastes e de frutos. De modo geral, as abóboras e as abobrinhas são mais suscetíveis à doença que o pepino e a melancia.

Em todos hospedeiros, a doença pode causar falhas na germinação e o tombamento de plântulas durante a formação de mudas.

Agente causal

Phytophthora capsici Leonian pertence ao Reino Chromista, Filo Oomycota, classe Oomycetes. Os esporângios são geralmente elipsoides, papilados e caducos. Os zoósporos são biflagelados, com o tempo perdem os flagelos e tornam-se cistos com 10-12 μm de diâmetro. Os oósporos de origem sexual são globosos, com 25 a 35 μm de diâmetro.

Phytophthora capsici apresenta importantes hospedeiras nas famílias Solanaceae e Cucurbitaceae. Entre as solanáceas cultivadas, destacam-se o pimentão (*Capsicum annuum*), as pimentas (*Capsicum* spp.), o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o jiló (*Solanum gilo*) e a berinjela

(*Solanum melongena*) e, entre as cucurbitáceas, as abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*), o pepino (*Cucumis sativum*) e a melancia (*Citrullus lanatus*). Algumas invasoras também são suscetíveis ao patógeno, como a datura (*Datura stramonium*), a maria pretinha (*Solanum americanum*) e a beldroega (*Portulaca oleracea*).

Condições favoráveis

A doença é favorecida por plantios adensados, solos úmidos e temperaturas que variam de 25 °C a 30 °C. A sobrevivência do patógeno ocorre por meio de clamídoporos, o ósporos e em hospedeiros alternativos. Na fase assexuada, ocorre a produção de esporângios. Os esporângios podem germinar direta ou indiretamente, liberando zoósporos, que chegam até as raízes, infectando-as.

A disseminação de *P. capsici* ocorre principalmente através de mudas e de substratos contaminados, água, ventos, ferramentas e implementos agrícolas.

2.12 Murcha de *Fusarium* (*Fusarium* spp.)

A murcha de *Fusarium* em solanáceas de fruto é uma doença de ocorrência generalizada que apresenta alto potencial destrutivo em campo aberto e cultivos protegidos. Em geral, a doença é mais comum em solos intensamente cultivados e levemente ácidos.

Sintomatologia

As plantas infectadas apresentam amarelecimento, murcha progressiva da parte área, podendo culminar com a morte (seca completa). Normalmente a infecção se dá unilateralmente, por atingir os feixes vasculares, oriundos do tecido radicular infectado. Ao cortar-se o caule próximo ao colo, verifica-se a presença de necrose do sistema vascular (coloração parda e aspecto seco). Plantas afetadas geralmente apresentam sistema radicular pouco desenvolvido, o que contribui para a perda progressiva do vigor e a redução do ciclo da cultura. Os frutos não se desenvolvem, amadurecem ainda pequenos e a produção é reduzida de forma significativa. No campo, a doença ocorre em reboleiras e se manifesta principalmente durante as fases de floração, crescimento e maturação dos frutos. A doença também pode causar o estrangulamento do colo de mudas na fase de viveiro ou logo após o transplante (tombamento ou *damping off*).

Agente causal

Morfologicamente, as espécies de *Fusarium* possuem micélio delicado de coloração branca, rosa ou roxa, podendo apresentar microconídios (oval-elipsoides, curvos, 5-12 x 2,2-3,5 mm e sem septos), macroconídios (fusiformes, multisseptos, podendo variar de 27-60 x 3-5 mm) e clamidósporos (estruturas de resistência). No Brasil, existem relatos da ocorrência das raças 1, 2 e 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* em tomateiro.

Tabela 5 - Espécies de *Fusarium* em solanáceas de fruto

Hospedeiros	Agente causal
Tomateiro *Solanum lycopersicum*	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* *Fusarium* sp.
Pimentão *Capsicum annuum*	*F. oxysporum* *Fusarium* sp.

Pimentas *Capsicum* spp.	*F. oxysporum* *Fusarium sp.*

Fonte: Fungal Databases (2018).

Condições favoráveis

Temperaturas na faixa de 21 °C a 33 °C, solos arenosos, pH baixo, baixos teores de nitrogênio, de fósforo e de matéria orgânica, alto teor de potássio e ataques de nematoides são fatores que favorecem a doença.

O fungo sobrevive no solo na forma de micélio e conídios (macro e micro) e, por períodos maiores, na forma de clamidósporos (estruturas de resistência).

A disseminação de Fusarium spp. ocorre principalmente através de sementes e mudas doentes, substrato contaminado, movimentação de solo (erosão), implementos agrícolas contaminados e escoamento de águas de chuva e irrigação entre áreas de cultivo.

2.13 Murcha de *Verticillium* (*Verticillium dahliae)*

A murcha de *Verticillium* é uma doença de grande impacto destrutivo, sendo mais frequente em regiões úmidas e com clima mais ameno.

Sintomatologia

O sintoma inicial da doença é uma murcha moderada e parcial da planta nas horas mais quentes do dia, com recuperação da turgidez no período noturno. A colonização do sistema vascular pelo patógeno na região do colo compromete o transporte de água e de nutrientes para a planta e causa o seu enfraquecimento completo. As folhas mais velhas tornam-se amareladas e necrosadas nas bordas, com o vértice da lesão voltado para o centro da folha (forma de 'V' invertido). Os sintomas da doença tornam-se evidentes no início da frutificação. Plantas doentes podem produzir frutos menores e em menor quantidade. Raramente a doença causa a morte da planta.

Agente causal

Verticillium dahliae Kleb apresenta miCéliohialino e septado. Os conídios são ovoides ou elipsoides, geralmente unicelulares, e apresentam a formação de microescleródios.

O fungo pode afetar mais de 200 hospedeiros, entre os quais se destacam solanáceas como o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), a batata (*Solanum tuberosum*), a berinjela (*Solanum melongena*), o jiló (*Solanum gilo*), as pimentas (*Capsicum* spp.) e o pimentão (*Capsicum annuum*). Entre as cucurbitáceas, podem ser citadas o melão (*Cucumis melo*), o pepino (*Cucumis sativum*), a melancia (*Citrullus lanatus*), as abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*). Algumas espécies invasoras, como Guanxuma (*Sida rombifolia*), corda de viola (*Ipomea purpurea*), maria-pretinha (*Solanum americanum*), *Solanum* spp. e dente de leão (*Taraxacum officinale*), também podem ser hospedeiras alternativas do fungo.

As raças 1 e 2 de *V. dahliae* são relatadas em tomateiro.

Condições favoráveis

A murcha de *Verticillium* é mais comum em solos levemente ácidos a neutros ou alcalinos ocorrendo em reboleiras. A doença é favorecida por temperaturas amenas que variam de 20

°C a 24 °C. O patógeno penetra pelas raízes ou por ferimentos e coloniza o sistema vascular das plantas. O fungo pode sobreviver no solo por mais de oito anos através de estruturas de resistência denominadas microescleródios.

A disseminação do patógeno ocorre principalmente através de sementes infectadas, mudas doentes, substrato e implementos contaminados.

2.14 Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*)

O mofo branco é uma doença comum e altamente destrutiva em cultivos de tomate rasteiro. Em algumas situações, a doença também pode afetar cultivos de solanáceas tutorados e cucurbitáceas em campo aberto e estufas.

Sintomas

Os sintomas geralmente aparecem quando ocorre o fechamento das culturas e iniciam-se a fase de floração e a formação de frutos. A doença é observada em reboleira, identificada pela seca prematura de caules e de plantas inteiras. Afeta a base das plantas, causando o apodrecimento do caule e de folhas próximas ao solo. As plantas afetadas apresentam sintoma de murcha progressiva, seguida de amarelecimento, colapso generalizado e morte. As lesões apresentam aspecto úmido, coloração castanho-claro ou escuro e são recobertas por um denso micélio branco e escleródios negros(estruturas de resistência).Com a evolução dos sintomas, o caule e as hastes infectadas apresentam aspecto de podridão seca, cor de palha, e podem apresentar, no seu interior, uma grande quantidade de escleródios (Figura 24).

Figura 24 - Mofo branco em tomateiro.
Fonte: Os autores.

Agente causal

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary afeta várias famílias botânicas, como solanáceas, leguminosas, brássicas, entre outras. Apresenta um crescimento micelial denso, branco com a

formação de escleródios negros. Os escleródios podem apresentar germinação carpogênica em condições específicas.

Entre as hortaliças de frutos hospedeiras de *S. sclerotiorum*, destacam-se o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*), a berinjela (*Solanum melongena*), as pimentas (*Capsicum* spp.), o jiló (*Solanum gilo*), o melão (*Cucumis melo*), o pepino (*Cucumis sativum*), a melancia (*Citrullus lanatus*) e as abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*).

Condições favoráveis

O mofo branco é favorecido por períodos de alta umidade (acima de 80%) e temperaturas amenas (de 15 °C a 21 °C). A doença é comum em cultivos irrigados, com problemas de compactação do solo, e em plantios muito densos, com crescimento excessivo e reduzida circulação de ar.

Os escleródios podem permanecer viáveis no solo por longos períodos, sendo disseminados principalmente através de sementes contaminadas, movimentação de solo e implementos agrícolas. Apesar dos escleródios de *S. sclerotiorum* germinarem diretamente, esses possuem também a capacidade de produzir apotécios. Os apotécios são corpos de frutificação que produzem ascósporos que são ejetados e, em seguida, dispersos pelo vento ou pela água. Ao entrarem em contato com tecidos senescentes da planta, germinam e dão início ao processo infeccioso.

Os escleródios são estruturas de resistência que permitem o fungo sobreviver no solo em condições adversas por períodos de 8 a 10 anos. A sobrevivência de escleródios está intimamente relacionada com o tipo de solo, o pH,a cultura anterior, sua localização no perfil do solo, a umidade,a temperatura e apresença de micro-organismos que causam sua degradação.

A disseminação de *S. Sclerotiorum* ocorre principalmente por escoamento de água entre áreas de cultivo, movimentação de solo (erosão), bem como por substrato, ferramentas, botas e implementos contaminados.

2.15 Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*)

A rizoctoniose é uma doença comum em solanáceas durante a fase de produção de mudas e também pode afetar folhas e frutos de solanáceas em contato com o solo.

Sintomas

As folhas e as hastes infectadas apresentam sintoma de mela (podridão aquosa), principalmente nas partes que ficam em contato direto com o solo. Os frutos doentes apresentam uma podridão de marrom-clara a escura, aquosa, coberta por um mofo micelial marrom-claro. Excesso de irrigação e ocorrência de chuvas durante a fase de maturação dos frutos favorecem a doença. O ataque é mais severo em lavouras com alta densidade de plantas, conduzidas em solos argilosos ou compactados, e onde há acúmulo de umidade na superfície do solo. A doença também pode causar falhas na germinação, tombamento de plântulas e apodrecimento do colo de plantas jovens recém-transplantadas no campo.

Agente causal

O fungo *Rhizoctonia solani* J. G. Khün apresenta micélio castanho, vigoroso, com a presença de hifas dispostas em ângulo reto e ausência de esporos. Em condições desfavoráveis, o fungo pode produzir escleródios, estruturas de resistência originadas da compactação de hifas, que podem perpetuar o patógeno no solo por longos períodos.

O patógeno possui uma ampla gama de hospedeiros, entre as quais se destacam solanáceas, como o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*), a berinjela (*Solanum melongena*), as pimentas (*Capsicum* spp.), o jiló (*Solanum gilo*), e cucurbitáceas como o melão (*Cucumis melo*), o pepino (*Cucumis sativum*), a melancia (*Citrullus lanatus*) e as abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*).

Condições favoráveis

A doença é favorecida por temperaturas que variam de 15 °C a 26 °C e alta umidade no solo. *R. solani* pode sobreviver no solo por longos períodos, mantendo-se na forma de escleródios ou micélio, colonizando restos de cultura.

A disseminação de *R. solani* pode ocorrer por mudas, solo/substrato, água de chuva/irrigação, ferramentas, implementos, botas e bandejas contaminadas.

2.16 Murcha de *Sclerotium* (*Athelia rolfsii)*

A murcha de *Sclerotium* é um problema comum em regiões onde o cultivo de solanáceas é intensivo; porém raramente causa grandes prejuízos.

Sintomatologia

A doença manifesta-se através de lesões castanho-escuras, úmidas, irregulares, geralmente localizadas no colo das plantas. Sobre as lesões, ocorre o crescimento de um vigoroso micélio branco repleto de escleródios esféricos de coloração de marrom-clara a castanha (Figura 25). As plantas afetadas apresentam murcha progressiva, apodrecimento de frutos próximos ao solo e, em casos mais severos, podem morrer.

Figura 25 - Murcha de *Scletorium* em pimentão.
Fonte: Os autores.

Agente causal

Athelia rolfsii (Curzi) C.C. Tu & Kimbr. (Sin. *Sclerotium rolfsii)* é um fungo polífago que pode afetar um grande número de culturas. Em meio de cultura, o fungo produz um vigoroso micélio branco e escleródios escuros (diâmetro de 0,5 - 2,0 mm) que são estruturas de resistência que podem permanecer viáveis no solo por cinco anos ou mais.

Entre as solanáceas hospedeiras do fungo, destacam-se o tomate (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*), as pimentas (*Capsicum* spp.), o jiló (*Solanum gilo*), a berinjela (*Solanum melongena*), o melão (*Cucumis melo*), o pepino (*Cucumis sativum*), a melancia (*Citrullus lanatus*), as abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*) e algumas invasoras, como *caruru (Amaranthus spinosus)*, cordão de frade *(Leonotis nepetifolia)*, fisális *(Physalis* sp.*)*, macaé *(Leonurus sibiricus)*, entre outras.

Condições favoráveis

A murcha de *Sclerotium* ocorre com maior intensidade em condições de alta umidade e temperaturas na faixa de 25 °C a 30 °C. Solos ácidos e compactados também favorecem a doença. A disseminação de *A. rolfsi* ocorre principalmente por escoamento de água entre áreas de cultivo, movimentação de solo (erosão), bem como por substrato, ferramentas, botas e implementos contaminados.

3 Cucurbitáceas

A Família Cucurbitaceae é composta por um grupo bastante diverso constituído por 98 gêneros e 975 espécies, cultivadas ao redor do mundo de diferentes formas e com os mais variados objetivos. Muitas dessas espécies apresentam grande importância socioeconômica no Brasil, como melão (*Cucumis melo*), melancia (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativum*), abóbora (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata* e outras) e chuchu (*Sechium edule*), sendo amplamente cultivadas em todas as regiões. Nessas espécies, a parte comercializada são os frutos que são amplamente utilizados para alimentação, sendo componente indispensável de inúmeras receitas da culinária brasileira.

3.1 Míldio (*Pseudoperonospora cubensis*)

Comum em várias cucurbitáceas, o míldio pode ser altamente destrutivo em períodos úmidos e com temperaturas amenas.

Sintomas

Em pepino e em melão, os sintomas iniciais são caracterizados pela formação de inúmeras manchas angulares e cloróticas na face superior das folhas (Figura 26). Em melancia, as lesões são irregulares e, em abóbora, geralmente são menores e circulares com centro esbranquiçado. Em chuchu, as folhas apresentam manchas irregulares e amareladas. De modo geral, na face inferior das folhas, as manchas apresentam aspecto úmido e podem ser recobertas por um crescimento verde-oliva composto por esporângios e esporangióforos do patógeno.

Em todas as culturas, com a evolução da doença, as manchas coalescem e as áreas cloróticas tornam-se necróticas, causando o amarelecimento e a seca das folhas. Quando as condições climáticas são favoráveis, a doença pode causar redução significativa da área foliar, queda de vigor e redução na produtividade e na qualidade dos frutos.

Figura 26 - Míldio em pepino.
Fonte: Os autores.

Agente causal

Pseudoperonospora cubensis (Berk. & M.A. Curtis) Rostovzev é um parasita obrigatório pertencente ao reino Chromista, Filo Oomycota, classe Oomycetes, ordem Peronosporales. Os esporangióforos apresentam ramificações dicotômicas no terço superior, em cujas extremidades são formados os esporângios ovoides a elipsoides. À medida que os tecidos vão tornando-se senescentes, ocorre a formação de oósporos que são estruturas de resistência do patógeno.

O míldio pode afetar várias cucurbitáceas de importância econômica, tais como: o melão (*Cucumis melo*), o pepino (*Cucumis sativum*), a melancia (*Citrullus lanatus*), as abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*) e o chuchu (*Sechium edule*).

Condições favoráveis

O míldio é favorecido por períodos úmidos (acima de 90%), com temperaturas de amenas a baixas (de 16 °C a 22 °C), além da presença de água livre na superfície das folhas promovida pela ocorrência de orvalho, de chuvas finas e de irrigação.

Os esporângios podem ser disseminados por respingos de água e pelo vento. Ao entrar em contato com as folhas e em presença de água livre, esses podem germinar e iniciar eles mesmos a infecção ou podem liberar de 2 a 15 zoósporos biflagelados que irão iniciar a infecção após encistarem na superfície do hospedeiro.

Tanto em regiões temperadas como tropicais do mundo, a produção de oósporos tem sido relatada como forma de sobrevivência do patógeno na ausência de tecidos vivos do hospedeiro, uma vez que *P. cubensis* é considerado um parasita obrigatório.

A disseminação do oomiceto pode ocorrer através de mudas doentes, ação de ventos e respingos de água de chuva e de irrigação.

3.2 Oídios [(*Oidium* sp. (*Podosphaera xanthii*; *Erysiphe cichoracearum*); *Oidiopsis sicula* (*Leveillula taurica*)]

O oídio em cucurbitáceas é especialmente destrutivo em períodos secos, cultivos protegidos e submetidos à irrigação localizada.

Sintomas

O sintoma característico causado por *Oidium* sp. é a formação de uma mancha esbranquiçada e pulverulenta, composta de micélio e de estruturas reprodutivas do patógeno, visíveis principalmente na parte superior das folhas (Figura 27). Com o desenvolvimento da doença, essas passam a recobrir toda a superfície foliar. Além das folhas, o fungo pode afetar pecíolos, caules, pedúnculos e frutos. Em estágios mais avançados, as áreas afetadas tornam-se amareladas e secas.

Figura 27 - Oídio em pepino.
Fonte: Os autores.

Em relação aos sintomas causados por *Oidiopsis sicula*, observa-se, primeiramente, a formação de manchas amareladas na página superior dos folíolos, acompanhadas pela formação de um crescimento esbranquiçado na face inferior das mesmas. Posteriormente, as manchas amareladas tornam-se necróticas, podendo destruir completamente as folhas.

Os oídios ocorrem primeiramente nas folhas mais velhas e depois evoluem para as partes superiores da planta. Ataques severos podem causar desfolha, morte de ramos jovens, frutos malformados e com tamanho reduzido.

Agente causal

O *Oidium* sp. (*Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff, *Erysiphe cichoracearum* DC. (*Golovinomyces cichoracearum* (Ehrenb.) Heluta) e *Oidiopsis sicula* Scalia (*Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud) são relatados como agentes causais de oídios em vários países do mundo. *Oidium* sp. possui conídios unicelulares, em forma de barril, hialinos, produzidos em cadeia sobre os conidióforos curtos e não ramificados.

Oidiopsis sicula Scalia apresenta micélio endofítico. Os conidióforos são hialinos e emergem dos estômatos, sendo alguns deles subdivididos em dois a três ramos. Os conídios são hialinos, podendo apresentar formato piriforme (primários) e cilíndrico (secundários).

Tabela 6 - Hospedeiros dos oídios

Hospedeiros	Agente causal
Melão *Cucumis melo* **Pepino** *Cucumis sativum* **Melancia** *Citrullus lanatus* **Abóboras** *Cucurbita maxima* *C. pepo, C. moschata* **Chuchu** *Sechium edule*	*Oidium* sp.
Melão *Cucumis melo* **Pepino** *Cucumis sativum* **Melancia** *Citrullus lanatus*	*Oidiopsis sicula*

Fonte: Fungal Databases (2018).

Condições favoráveis

Os oídios são facilmente disseminados pela ação de ventos, sendo desnecessária a presença de um filme de água na superfície do hospedeiro para que ocorra a infecção. A doença pode ocorrer em uma ampla faixa de temperatura que varia de 10 °C a 35 °C e umidade inferior a 70%. O sistema de irrigação por gotejamento, comumente utilizado em cultivo protegido, acaba favorecendo os oídios pelo não molhamento das folhas, o que inibe a germinação dos conídios (esporos), além de promover a 'lavagem' de suas estruturas reprodutivas. Na ausência de hospedeiros cultivados, o patógeno pode sobreviver facilmente em hospedeiros alternativos que servem também como fonte de inóculo primário.

3.3 Antracnose (*Colletotrichum orbiculare*)

A antracnose representa uma das mais frequentes e destrutivas doenças em cultivos de cucurbitáceas. A doença pode reduzir drasticamente a área foliar e inutilizar os frutos para o mercado.

Sintomas

Nas folhas, inicialmente, observa-se a formação de lesões irregulares, úmidas que, ao evoluírem, tornam-se necróticas, circulares, de coloração castanha e centro claro. Ao aumentarem de tamanho, as manchas podem romper os tecidos e destruir grande parte do limbo foliar. Nas hastes e em pecíolos, as lesões são elípticas, deprimidas, de coloração acinzentada a parda. Quando os pedúnculos de frutos jovens são infectados, o fruto pode murchar e abortar. Nos frutos, as lesões são circulares ou elípticas, deprimidas e quase sempre recobertas por uma massa rósea formada por conídios do fungo (Figura de 28). A antracnose pode permanecer latente nos frutos, sendo os sintomas observados apenas na pós-colheita. A doença pode ser altamente destrutiva durante a fase de produção de mudas, causando o tombamento e a destruição das primeiras folhas verdadeiras.

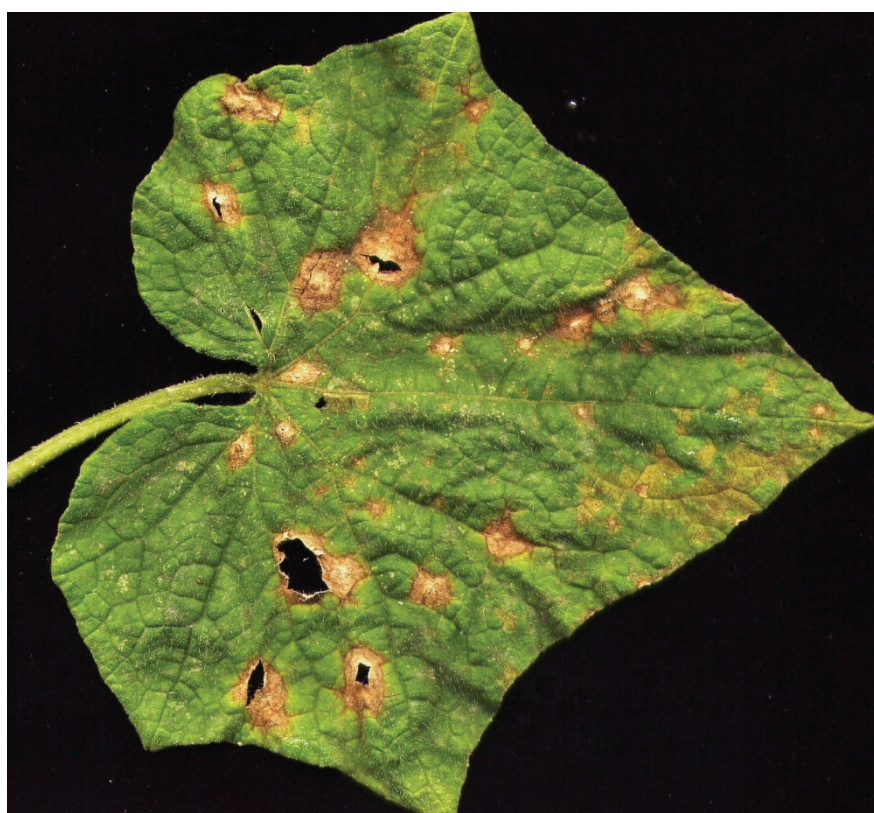



Figura 28 - Antracnose em pepino.
Fonte: Os autores.

Agente causal

Causada por *Colletotrichum orbiculare* P.F. Cannon & Crous, a doença pode ocorrer em qualquer órgão da parte aérea da planta e em qualquer estádio de seu desenvolvimento. O fungo produz estruturas reprodutivas sobre as lesões denominadas acérvulos, que são mais facilmente observados nos frutos na forma de pontuações negras. Em condições de alta umidade, forma-se sobre os

acérvulos uma massa rosada constituída de conídios (esporos) hialinos e unicelulares do patógeno, frequentemente acompanhados de setas negras. Caracteriza-se por ser um microorganismo com alta variabilidade, sendo conhecidas sete raças.

A antracnose ocorre em cucurbitáceas como melão (*Cucumis melo*), pepino (*Cucumis sativum*), melancia (*Citrullus lanatus*), abóbora (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*) e chuchu (*Sechium edule*).

Condições favoráveis

A antracnose é favorecida por períodos úmidos (acima de 80%) e temperaturas entre 19 °C e 24 °C. A introdução da doença na área de cultivo ocorre principalmente por meio de sementes e de mudas contaminadas. A disseminação dos conídios dentro da área cultivada é feita sobretudo através de respingos de água de chuva ou de irrigação, de ferramentas e de implementos contaminados, entre outros.

3.4 Sarna ou queima (*Cladosporium cucumerinum*)

Apesar de relatada em várias cucurbitáceas, a sarna é mais destrutiva na cultura do pepino. A doença é favorecida por período úmidos e temperaturas amenas.

Sintomas

Nas folhas de pepino, verifica-se, inicialmente, a presença de manchas irregulares, úmidas e com coloração verde-escura. Ao evoluírem, essas se tornam necróticas, envoltas ou não por um halo amarelado e, em condições de alta umidade, apresentam-se recobertas de um crescimento verde-oliva composto por frutificações do patógeno. Folhas severamente atacadas apresentam deformações, rasgaduras e aspecto seco. Nos pecíolos e nos caules, os sintomas são semelhantes aos observados nas folhas. Nos frutos de pepino, os tecidos afetados apresentam depressões alongadas com bordos irregulares e rachaduras profundas, contendo tecidos suberificados, recobertos por esporulação do fungo.

Agente causal

Cladosporium cucumerinum Ellis & Arthur possui **c**onídios catenulados coloridos com uma ou duas células na extremidade e conidióforos ramificados. O fungo é relatado em cultivos de pepino (*Cucumis sativum*), melão (*Cucumis melo*), melancia (*Citrullus lanatus*) e abóboras (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*).

Condições favoráveis

A doença é favorecida por temperaturas que variam de 13 °C a 20 °C e alta umidade, sendo frequente em locais e/ou épocas sujeitas a neblina e a orvalho. O agente causal é disseminado principalmente através de sementes e de mudas contaminadas, ação de ventos e respingos de água de chuva e de irrigação.

3.5 Mancha zonada (*Leandria momordicae*)

Conhecida também como mancha de *Leandria* ou mancha reticulada, a doença é mais comum na região Sudeste, sendo mais severa nas culturas de pepino e de chuchu.

Sintomas

Os sintomas ocorrem principalmente nas folhas, sendo rara a presença de sintomas em hastes e pecíolos. Em pepino, chuchu e abóboras, verifica-se a presença de pequenas lesões encharcadas, esbranquiçadas no centro e marrom-alaranjadas nos bordos. Inicialmente, são angulosas e, ao aumentarem de tamanho, tornam-se irregulares ou arredondadas. Em melão, as manchas são cloróticas com centro necrosado e de coloração pardo-avermelhada. As manchas podem coalescer com a evolução da doença, dando um aspecto enegrecido às lesões. Em melancia, as manchas são escuras com ponto branco ao centro e bordos irregulares, distribuídas por toda superfície do limbo foliar. Em todos os casos, as lesões tendem a coalescer, atingindo todo limbo foliar, o qual apresenta um aspecto esbranquiçado e quebradiço. Em condições favoráveis, na face inferior das folhas atacadas, observa-se a formação de grande quantidade de minúsculos pontos escuros que são corpos de frutificação do fungo.

Agente causal

Leandria momordicae Rangel (sin. *Stemphylium cucurbitacearum*) produz conídios escuros com septos transversais e longitudinais, pluricelulares (de 7 a 18 células globosas aglomeradas), com um típico formato globular e muriforme. Os conidióforos são hialinos, em forma de clava, com contornos lobulados.

No Brasil, a doença é descrita nas culturas de pepino (*Cucumis sativum*), chuchu (*Sechium edule*), melão (*Cucumis melo*), melancia (*Citrullus lanatus*), abóbora (*Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*, *Curcubita* sp.) e na planta invasora melão de São Caetano (*Momordica charantia*). Em abóbora, melancia e melão, a doença raramente causa perdas na produção.

Condições favoráveis

A doença é favorecida por temperaturas que variam de 18 °C a 25 °C e alta umidade. A disseminação do patógeno ocorre principalmente através da ação de vento e por respingos de água de irrigação e de chuvas.

3.6 Manchas foliares (*Cercospora* spp., *Alternaria* spp.)

As manchas foliares são comuns nas regiões tropicais e subtropicais, podendo ocorrer isoladas ou em complexo. Ataques severos podem causar a desfolha completa das plantas, reduzindo o ciclo da cultura e afetando de forma direta o rendimento e a qualidade dos frutos.

Sintomas

A mancha de *Cercospora* ou Cercosporiose é caracterizada por manchas irregulares a circulares, definidas, necróticas com coloração acinzentada, envoltas ou não por um halo marrom-púrpura.

A mancha de *Alternaria* apresenta-se na forma de manchas foliares arredondadas, necróticas, concêntricas (anéis), podendo ser ou não envoltas por um halo amarelado.

Agente causal

O gênero *Cercospora* apresenta conidióforos simples ou fasciculados, conídios longos, finos, multisseptados, escuros ou hialinos, obclavados ou cilíndricos, retos ou curvos.

O gênero *Alternaria* possui conídios de tamanho variável, multicelulares, ovoides ou obclavados, em várias tonalidades de marrom, com septos longitudinais e oblíquos.

Tabela 7 - Espécies dos gêneros *Cercospora* e *Alternaria* relatados em cucurbitáceas

Hospedeiros	**Agente causal**
Pepino *Cucumis sativum* Melão *Cucumis melo* Melancia *Citrullus lanatus* Chuchu *Sechium edule*	*Cercospora sp.* *Cercospora citrullina* Cooke
Pepino *Cucumis sativum* Melancia *Citrullus lanatus* Melão *Cucumis melo* Abóboras *Cucurbita maxima,* *Cucurbita moschata*	*Alternaria* sp. *A. cucumerina* (Ellis & Everh.) Elliott *A. alternata*

Fone: Fungal Databases (2018).

Condições favoráveis

As manchas foliares são favorecidas por temperaturas que variam de 23 °C a 32 °C e alta umidade (acima de 80%). Os agentes causais podem sobreviver entre um cultivo e outro em restos de cultura ou hospedeiros alternativos. Os conídios são dispersos pela ação da água, ventos, insetos e pelo contato e atrito entre folhas sadias e doentes. Em condições favoráveis, os conídios germinam e infectam as plantas rapidamente, podendo os fungos penetrar diretamente pela cutícula ou através de estômatos e de ferimentos.

A disseminação dos agentes causais a longas distâncias ocorre principalmente por meio de sementes e de mudas doentes.

3.7 Crestamento Gomoso do Caule (*Stagonosporopsis cucurbitacearum*)

O crestamento gomoso do caule é uma doença altamente destrutiva em cultivos de cucurbitáceas. Favorecida por períodos úmidos, pode causar redução significativa da produtividade e da qualidade de frutos.

Sintomas

A doença afeta os órgãos aéreos em todos os estádios de desenvolvimento das plantas suscetíveis. Em mudas, provoca necrose da região do colo e seu tombamento. Forma manchas necróticas circulares nos cotilédones que são destruídos rapidamente e, em seguida, atingem o caule da plântula. Nas folhas, as manchas são pardas, circulares, cujo diâmetro pode variar de alguns milímetros a vários centímetros. Lesões nos frutos são menos frequentes; mas, quando ocorrem, são circulares, necróticas, castanhas, profundas e com exsudação de goma. No caule e nos ramos, formam-se lesões fendilhadas (cancro) com característica exsudação de goma. Normalmente, a colonização circunscreve todo o caule, causando seca do ramo na região situada acima da lesão.

Sintomas semelhantes podem ser observados nos pecíolos e nas gavinhas. Quando a lesão ocorre no colo, pode provocar a morte da planta. Nas lesões, é comum observar a formação de numerosos pontos negros que são os corpos de frutificação do fungo.

Agente causal

Stagonosporopsis cucurbitacearum (Fr.: Fr.) Aveskamp, Gruyter & Verkley (sin. *Didymella bryoniae*) é um ascomiceto que corresponde a anamorfos do gênero *Phoma* (sin. *Ascochyta*). Produz pseudotécios em cujo interior formam-se ascas cilíndricas que contêm oito ascósporos hialinos, bicelulares, de formato oval a fusiforme, enquanto o anamorfo produz conídios bicelulares que se formam dentro de estruturas denominadas picnídios.

A doença é descrita nas culturas de pepino (*Cucumis sativum*), melão (*Cucumis melo*), melancia (*Citrullus lanatus*), chuchu (*Sechium edule*) e abóbora (*Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*, *Curcubita* sp).

Condições favoráveis

A doença é favorecida por condições de clima úmido e elevada temperatura. Os conídios e os ascósporos são disseminados pela água e pelo vento. O fungo pode sobreviver no solo em restos de cultura e ser transmitido para áreas sadias por meio de sementes contaminadas.

Estudos de patogenicidade cruzada comprovaram que a maioria dos isolados oriundos de espécies diferentes são patogênicos a quase todas as cucurbitáceas cultivadas, exceto chuchu (*Sechium edule*); portanto estas podem servir como fonte de inóculo para cultivos novos.

3.8 Fusariose (*Fusarium solani*; *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)

A fusariose é uma doença de ocorrência generalizada em cultivos de cucurbitáceas em campo aberto e cultivos protegidos. As plantas afetadas apresentam queda de vigor, murcha progressiva e redução significativa da produtividade.

Sintomas

A doença pode afetar os hospedeiros em qualquer fase do desenvolvimento. Na fase de produção de mudas, causa podridão do hipocótilo, do colo, tombamento das plântulas e morte. Nas plantas em desenvolvimento, em geral, os sintomas iniciam-se com subdesenvolvimento, evoluindo para amarelecimento e murcha progressiva a partir das folhas mais velhas e, finalmente, a morte. Durante a evolução dos sintomas, é comum observar descoloração vascular e necrose na região do colo. No caso de *F. solani*, as plantas afetadas podem emitir novas raízes acima do colo acometido, permitindo alguma recuperação.

Por tratar-se de um patógeno vascular, os sintomas podem ser verificados em apenas uma parte da planta, enquanto a outra permanece sadia.

Agente causal

Os fungos *Fusarium solani* (Matt.) Sacc. 1881 e *Fusarium oxysporum* f.sp *niveum* (E.F. Sm.) W.C. Snyder & H.N. Hansen 1940 são considerados patógenos vasculares e de raízes que produzem dois tipos de conídios: os microconídios, unicelulares, hialinos e ovoides e os macroconídios acanoados (curvados), multicelulares e hialinos. Produzem, ainda, esporos de resistência denominados clamidosporos.

Tabela 8 - Espécies de *Fusarium* associadas a curcurbitáceas

Hospedeiros	Agente causal
Melão *Cucumis melo* **Pepino** *Cucumis sativum* **Melancia** *Citrullus lanatus* **Abóbora** *Cucurbita maxima; Cucurbita pepo; Cucurbita moschata*	*Fusarium solani*
Melancia (*Citrullus lanatus*) **Abóbora** (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*) **Pepino**(*Cucumis sativum*)	*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*

Fonte: Fungal Databases (2018).

Condições favoráveis

As condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença são alta umidade e temperaturas entre 20 °C e 30 °C. Solos arenosos, ácidos e com baixos níveis de matéria orgânica também são altamente propícios à doença. Fungos do gênero *Fusarium* são parasitas facultativos, ou seja, podem sobreviver em restos de cultura presentes no solo através dos clamidósporos que permanecem viáveis por vários anos.

Os conídios são dispersos principalmente através de água de chuva ou de irrigação. Os patógenos podem alojar-se nos tecidos internos ou externos das sementes, sendo também uma forma importante de disseminação. A disseminação do patógeno ocorre através de sementes e de mudas doentes, solo e substrato contaminados, água de chuva e de irrigação, ferramentas e implementos.

4 Manejo de doenças fúngicas

O manejo de doenças fúngicas deve integrar diferentes medidas e estratégias de controle com os objetivos de aumentar o potencial produtivo das culturas, promover a obtenção de alimentos saudáveis e reduzir o impacto ambiental da atividade agrícola.

Entre as práticas a serem consideradas, destacam-se:

✓ **Escolha do local de plantio**

Devem ser evitados plantios em áreas com histórico recente de doenças, sujeitas ao acúmulo de umidade, com circulação de ar limitada e próximas a cultivos em final de ciclo.

✓ **Uso de sementes e mudas sadias**

O uso de sementes e de mudas sadias é fundamental para evitar a entrada de doenças na área de cultivo. A produção de mudas na propriedade deve adotar, a todo momento, o uso de sementes certificadas e tratadas com fungicidas; além disso, deve-se empregar substrato livre de patógenos, eliminar e destruir plântulas doentes, evitar excessos de adubação nitrogenada no substrato, utilizar água de boa qualidade, evitar irrigações excessivas, optar pelo uso de bancadas com malhas abertas para reduzir o nível de umidade, desinfestar bancadas e bandejas com formaldeído a 4% ou hipoclorito de sódio a 5%. A aquisição de mudas no mercado deve priorizar viveiristas idôneos e comprometidos com a qualidade e a sanidade.

✓ **Preparo adequado do solo**

A prática visa evitar a formação de áreas de compactação (pés de grade) que dificultam o escoamento de água e favorecem a ocorrência de doenças pelo acúmulo de umidade nas camadas superficiais do solo.

✓ **Espaçamento entre plantas**

Evitar plantios adensados com o objetivo de evitar o acúmulo de umidade nas folhas e nos frutos.

✓ **Condução das plantas**

Considerando que o tutoramento é uma prática amplamente utilizada no cultivo de solanáceas e algumas cucurbitáceas, recomenda-se a adoção de sistemas de condução vertical, em que a circulação de ar entre as plantas e a deposição dos fungicidas aplicados são mais adequadas.

✓ **Enxertia**

A adoção de porta-enxertos resistentes é uma técnica amplamente utilizada no cultivo de solanáceas e de cucurbitáceas com o objetivo de viabilizar a produção em áreas contaminadas com doenças de solo. Além de resistência, a prática pode conferir maior vigor às plantas, resistência a baixas temperaturas, resistência à seca ou ao excesso de umidade no solo, aumento da capacidade de absorção de nutrientes, assim como aumento do ciclo e do potencial produtivo.

✓ **Adubação e calagem**

A nutrição das plantas e a correção de acidez devem ser realizadas com base na análise de solo e de tecidos foliares visando à obtenção de plantas vigorosas, sadias e com alto potencial produtivo. De modo geral, níveis elevados de nitrogênio originam tecidos mais tenros e sensíveis a várias doenças, como requeima do tomateiro e antracnose em solanáceas e em cucurbitáceas, respectivamente. Por outro lado, o aumento dos níveis de fósforo, de cálcio, de potássio, de magnésio e o uso de fertilizantes silicatados podem reduzir a sua incidência e severidade graças à formação de paredes celulares mais resistentes. Registrados como fertilizantes, os fosfitos, além de fonte de nutrientes, podem estimular a produção de fitoalexinas, compostos capazes de reduzir ou de inibir a ocorrência de doenças.

O uso de esterco deve priorizar material curtido e de origem conhecida para evitar a introdução de patógenos na área de cultivo.

A adubação verde consiste na utilização de determinadas espécies de plantas (gramíneas e leguminosas) em sistema de rotação, em campo aberto e em estufas, com os objetivos de fixar nitrogênio (leguminosas), adicionar matéria orgânica, ativar a microflora do solo, melhorar a estrutura física do solo e reciclar nutrientes. Tal prática permite o aumento da microflora do solo e, através da competição, dificulta o estabelecimento e o desenvolvimento de patógenos.

✓ **Evitar o plantio sucessivo de solanáceas e de cucurbitáceas**

A rotação de culturas por no mínimo três a quatro anos é fundamental para reduzir o potencial de inóculo de doenças foliares. Para doenças de solo, esse período pode variar de 4 a 8 anos, devido à presença de estruturas de resistência que podem perpetuar a doença na área por longos períodos.

✓ **Irrigação controlada**

Evitar longos períodos de molhamento foliar é fundamental para o manejo de doenças fúngicas. Para tanto, devem-se evitar irrigações noturnas ou em finais de tarde e reduzir o tempo e a frequência

das regas em períodos favoráveis. A adoção de irrigação localizada pode ser um importante aliado no manejo de doenças.

✓ **Tratos culturais**

Os tratos culturais durante todo o ciclo (cultivo, colheita e pós-colheita) devem evitar ferimentos nas plantas e nos frutos, com objetivo de impedir a formação de portas de entrada de patógenos.

✓ **Fontes de inóculo**

A redução de fontes de inóculo é fundamental para o manejo de doenças. Nesse sentido, recomendam-se a eliminação e a destruição de restos de culturas, bem como o controle de hospedeiros intermediários (no interior e nas proximidades do cultivo) e de plantas voluntárias.

✓ **Fungicidas**

O uso de fungicidas registrados deve seguir todas as recomendações do fabricante quanto à dose, ao volume, ao momento da aplicação, ao intervalo e ao número de pulverizações, ao intervalo de segurança, ao uso de equipamento de proteção individual (EPI), ao armazenamento e ao descarte de embalagens.

✓ **Medidas sanitárias**

Deve-se desinfestar rotineiramente mãos, luvas, botas, ferramentas, implementos agrícolas e caixas de colheita com o objetivo de evitar a disseminação de patógenos.

✓ **Cultivo protegido**

Além de maior durabilidade, o uso de lonas anti-UV em estufas pode dificultar e/ou impedir a esporulação de fungos dos gêneros *Alternaria*, *Botrytis* e *Cercospora.* O manejo correto das cortinas é fundamental para evitar o acúmulo de umidade no interior das estufas e, consequentemente, para desfavorecer a ocorrência de doenças.

✓ **Vistoria**

A inspeção constante da área cultivada facilita a identificação de possíveis focos de doença e agiliza a tomada de decisões.

Controle genético

O controle genético é caracterizado pela incompatibilidade, em maior ou em menor grau, entre o patógeno e o hospedeiro, impedindo ou dificultando o estabelecimento e o desenvolvimento da doença. Representa o método de controle mais prático, econômico e abrangente, porém é restrito, uma vez que nem sempre é viável aliar estética e exigências de mercado a elevados níveis de resistência. A consulta a catálogos de empresas de sementes pode auxiliar na escolha dos híbridos e das cultivares mais indicados para cada situação.

Controle físico

O controle físico tem como objetivo reduzir o inóculo e, consequentemente, conter o desenvolvimento de epidemias.

A termoterapia consiste na utilização de água ou de calor seco com temperaturas na faixa de 47 °C a 70 °C, por tempo variável, com o objetivo de eliminar fungos fitopatogênicos internos ou

externos transmitidos principalmente por sementes. Por exemplo, sementes de abóbora podem ser tratadas com água a 55 °C por 15 minutos para reduzir a presença de *Fusarium solani*. Entre os fatores que devem ser considerados para a adoção de temperaturas e tempo de tratamento, destacam-se: idade e teor de umidade do material tratado, nível de dormência, vigor, tamanho e suscetibilidade do material. A metodologia é inócua ao meio ambiente, porém pode ser deletéria ao material tratado.

Um método de controle de doenças de solo utilizado em cultivo protegido é a desinfecção por meio de calor úmido visando à eliminação de fungos fitopatogênicos. De modo geral, são necessárias temperaturas de 60 °C a 72 °C para a eliminação desses patógenos. Entre os aspectos negativos do uso intenso dessa prática, destacam-se: eliminação da microflora benéfica do solo, liberação de sais de amônia e manganês altamente fitotóxicos às plantas, alteração das propriedades físicas do solo/substrato e alto custo.

A solarização consiste na utilização da energia solar para o controle de patógenos presentes no solo ou no substrato. A técnica de fácil aplicação consiste na cobertura do solo infestado com plástico transparente de forma que a radiação, ao atravessar o plástico, é armazenada e promove o aquecimento do solo e, consequentemente, elimina ou diminui o inóculo no solo. Além de promover cultivos mais vigorosos e sadios,a solarização favorece a elevação do nível de nutrientes (N, Ca e Mg), contribui para a restauração da microflora e melhora a estrutura física do solo (permeabilidade).

Controle biológico

O controle biológico de doenças caracteriza-se pela intervenção de organismos não patogênicos no sítio de infecção, de forma a limitar a ação do patógeno ou aumentar a resistência do hospedeiro. Em solanáceas de fruto e cucurbitáceas, o uso de *Trichoderma* sp. aplicado no solo e/ou no substrato (produção de mudas) pode reduzir, de forma significativa, a ocorrência e a severidade de doenças causadas por patógenos dos gêneros *Fusarium*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Verticillium*e *Pythium*e *Phytophthora.*

Pesquisas recentes têm observado que formulações de *Bacillus pumilus* aplicados de forma preventiva podem reduzir a severidade de doenças nas culturas de abóbora, abobrinha e pepino (oídio), pimentão e pimentas (pinta preta), tomate e pimentão (pinta preta e mofo cinzento). O *Bacillus subtillis* também tem sido relatado para o controle da requeima na cultura do tomate.

Controle químico

A evolução dos fungicidas nas últimas décadas permitiu o desenvolvimento de produtos com os mais diversos perfis técnicos para o controle de doenças em cultivos de solanáceas e cucurbitáceas. Os fungicidas de contato caracterizam-se por formar uma película protetora na superfície da planta, que impede a penetração de patógenos. Possuem ação preventiva, devendo ser aplicados antes do início da infecção. São produtos geralmente inespecíficos e com amplo espectro de ação, o que lhes garante papel destacado no controle de várias doenças.

Os fungicidas com ação sistêmica possuem mecanismos de ação específicos e caracterizam-se por penetrar e redistribuir-se rapidamente no local tratado. Essa redistribuição pode ser local no tecido tratado (translaminares) ou a distâncias maiores (sistêmicos). Tal característica garante a esses produtos a capacidade de atuarem como imunizantes, curativos e antiesporulantes. Apresentam, ainda, rápida absorção, proporcionam maiores períodos de proteção e estão menos sujeitos à 'lavagem' pelo impacto de chuvas e de água de irrigação.

Para que o uso de fungicidas seja mais racional, em especial na cultura do tomateiro, diversos sistemas de previsão de doenças têm sido disponibilizados pela pesquisa. Tais sistemas monitoram variáveis do ambiente como temperatura e umidade no campo, calculam a possibilidade de ocorrência de doenças e determinam a necessidade ou não de se realizar a aplicação de fungicidas.

Os fungicidas específicos são mais vulneráveis à seleção de patógenos resistentes. Para evitar a ocorrência de resistência, recomenda-se que esses sejam utilizados somente na época, na dose e nos intervalos de aplicação recomendados, de modo que sempre se alternem produtos com diferentes modos e mecanismos de ação. Produtos com alto risco de selecionar raças resistentes devem ter o número de aplicações limitado no decorrer do ciclo, evitando que sejam empregados de forma curativa e em situações de alta pressão de doença.

A tecnologia de aplicação de fungicidas é fator importante no sucesso do controle químico. A má qualidade na aplicação dos produtos pode comprometer e limitar seriamente a eficácia dos fungicidas. Fatores como umidade relativa do ar, tipo de bicos, volume de aplicação, pressão, altura de barra, velocidade, rotação do motor, regulagem, calibração e manutenção dos equipamentos devem ser sempre considerados com o objetivo de proporcionar a cobertura adequada da cultura e atingir folhas e frutos, na parte interna da folhagem.

Sistemas orgânicos

Além do controle biológico e das práticas culturais abordadas anteriormente, algumas culturas e sistemas de produção orgânica permitem a aplicação da calda bordalesa, do enxofre simples, da calda Viçosa etc. Além da dosagem correta e da aplicação preventiva, recomenda-se que as caldas sejam utilizadas com critério pelos produtores, uma vez que podem ser fitotóxicas em culturas jovens e quando aplicadas em condições de alta temperatura.

5 Referências

BLANCARD, D. **Tomato diseases**: identification, biology and control. 2. ed. London: Manson Publishing, 2012.

FUNGAL DATABASES. Disponível em: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>. Acesso: 18 abr.2108.

HASEGAWA, J. M. Mancha mortal. **Revista Cultivar HF**, Pelotas, v. 16, p. 33-34. 2002.

INOUE NAGATA, A. K. et al. Doenças do tomateiro. In: AMORIN, L. et al. (Org.). **Manual de fitopatologia**. Ouro Fino: Ceres, 2016. v. 2, p. 697-731.

JONES, J. et al. **Compendium of tomato**. 2. ed. St. Paul: APS Press, 2014.

LOPES, C. A.; ÁVILA, C. A. **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005.

PAVAN, M. A.; REZENDE, J. A. M.; KRAUSE-SAKATE, R. Doenças das cucurbitáceas. In: AMORIN, L. et al. (Org.). **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. Ouro Fino: Ceres, 2016. p. 323-334.

RODRIGUES, T. T. M. S. et al. First report of *Alternaria tomatophila* and A. grandis causing early blight ontomato and potato in Brazil. **New Disease Reports**, London, v. 22, p. 28, 2010.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Doenças fúngicas. In: COLARICCIO, A.; TOFOLI, J. G. **Aspectos fitossanitários do tomateiro**. São Paulo: [s.n.], 2013. p. 36-56. (Boletim técnico, 27).

ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. **Compendium of cucurbit diseases**. St. Paul: APS Press, 1996.

Nematoides

Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira, Juliana Magrinelli Osório Rosa, Ricardo Gioria e Kátia Regiane Brunelli Braga

1 Introdução

O filo Nematoda é muito diverso quanto à riqueza de espécies, sendo um dos grupos de metazoários mais abundantes na Terra. Estima-se que os nematoides correspondam a 90% de todos os organismos multicelulares (JAIRAJPURI; AHMAD, 1992). Além disso, Lambshead (1993) estimou que o número de espécies de nematoides em habitats marinhos pode atingir um milhão, embora apenas cerca de vinte e sete mil já tenham sido descritas em todos os habitats (HUGOT; BAUJARD; MORAND, 2001). Os nematoides são essencialmente organismos aquáticos, a maioria dos quais de tamanho microscópico (0,3-3,0 mm), vivendo nos mais diversos ambientes, dos oceanos ao microscópico filme de água que recobre partículas de solo. Com base nos diferentes hábitos alimentares, os nematoides podem ser divididos em diferentes grupos (tróficos) funcionais (parasitos de plantas, parasitos de animais, fungívoros, bacteriófagos, carnívoros, onívoros e outros que se alimentam de eucariotos unicelulares). Entretanto Moens, Yeates e De Ley (2004) defenderam o uso de uma classificação universal visando englobar tanto os nematoides marinhos quanto os terrestres.

Economicamente, um dos mais importantes grupos funcionais é o de nematoides parasitos de plantas que habitam o solo ou as estruturas vegetais, tais como folhas, caules e, principalmente, raízes. As perdas anuais, considerando-se a redução da produção e da qualidade das culturas, além dos custos das práticas de manejo adotadas para controle, foram estimadas em aproximadamente 12 % (SASSER; FRECKMAN, 1987), que correspondem a prejuízos superiores a US$125 bilhões à agricultura mundial (CHITWOOD, 2003). Dentre os gêneros de nematoides economicamente mais daninhos, estão *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Ditylenchus*, *Globodera*, *Tylenchulus*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rotylenchulus* e *Helicotylenchus* (SASSER; FRECKMAN, 1987). Contudo é consenso entre os fitossanitaristas que os nematoides causadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) estão entre os mais importantes. Esse patógeno está disperso em vários ambientes em todo o mundo, causando perdas às principais culturas agrícolas (LOPES; FERRAZ, 2016).

Aproximadamente 100 espécies são conhecidas dentro do gênero e a maioria possui ampla gama de hospedeiros. No Brasil, várias espécies têm sido relatadas em associação às principais plantas cultivadas, mas *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* são reconhecidamente as espécies mais importantes, principalmente em função dos prejuízos causados e da ampla distribuição geográfica.

Outro grupo que merece atenção é nematoide das lesões radiculares, gênero *Pratylenchus*, principalmente as espécies *Pratylenchus brachyurus* e *P. penetrans* que, apesar de provocarem problemas considerados secundários em hortaliças frutosas, atualmente vêm crescendo as perdas relacionadas a esses nematoides em diversas culturas.

As olerícolas estão entre as plantas mais atacadas por esses dois gêneros. Existe uma expressiva preocupação do setor agrícola para desenvolvimento de cultivares e de técnicas de manejo, visando ao controle desses agentes, principalmente *Meloidogyne*. Dentro desse grupo de plantas, culturas como abóbora, abobrinha, berinjela, moranga, melão, pepino, pimenta, pimentão e tomate estão entre as mais prejudicadas pelos nematoides fitoparasitos. Os nematoides causam perdas principalmente na forma de redução de produção ou afetando a qualidade dos frutos produzidos, podendo alcançar níveis de perda de até 100% em altas infestações no início do plantio.

De acordo com Lopes e Ferraz (2016), os danos causados por nematoides variam em função da densidade populacional inicial do patógeno no solo, da suscetibilidade do hospedeiro e das condições ambientais. No entanto, em muitos casos, poucos ovos ou juvenis de segundo estádio do nematoide de galhas no solo, na época da implantação da cultura, são suficientes para reduzir a produção a níveis não econômicos. Além disso, na tentativa de minimizar o prejuízo e de controlar o nematoide, o agricultor acaba tendo gastos adicionais com a aplicação de fertilizantes, de defensivos e outras práticas empregadas a fim de se conviver com os nematoides parasitos de plantas já estabelecidos na área.

Em razãodos danos, da frequência e da distribuição no país, os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* serão alvo deste capítulo.

2 Etiologia

2.1 Nematoides das galhas radiculares – *Meloidogyne* spp.

Os nematoides causadores de galhas radiculares são endoparasitos sedentários em que, dos ovos depositados pelas fêmeas, eclodem juvenis de segundo estádio (J_2), que apresentam corpo filiforme. Esses J_2 penetram nas raízes das plantas (Figura 1), estabelecem um sítio permanente de alimentação formado por células nutridoras (ou células gigantes) e tornam-se obesos. Após sofrerem três ecdises, atingem o estádio adulto. Os machos são esbeltos e móveis e não parasitam as plantas, entretanto as fêmeas adquirem formato de pera e passam a produzir os ovos, que são depositados numa matriz gelatinosa, formando a massa de ovos (Figura 2). Cada fêmea produz, em média, 500 ovos, mas há relatos de até 2.000 ovos contidos nessa matriz gelatinosa, sendo assim uma espécie muito prolífera. As espécies desse gênero mais importantes são *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* (*M. mayaguensis*), consideradas como altamente prejudiciais às culturas deabóbora, abobrinha, berinjela, moranga, melão, pepino, pimenta, pimentão e tomatee com notável distribuição geográfica no país.

Figura 1 - Juvenil de *Meloidogyne incognita* raça 3 junto ao sistema vascular, no cilindro central, na raiz de tomateiro.
Foto: Thatiane Yoshie Kanazawa e Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira.

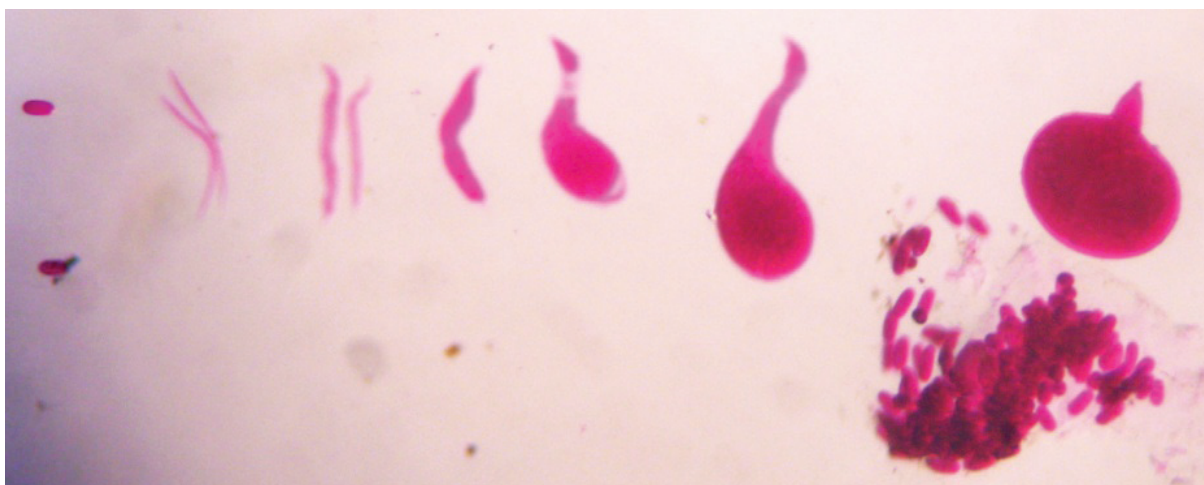



Figura 2 - Diferentes estádios de desenvolvimento (ovos, juvenis e fêmeas) de *Meloidogyne javanica* extraídos de raízes de tomateiro.
Fonte: Os autores.

As espécies *M. incognita* e *M. javanica* são polífagas e cada uma tem mais de 1.000 espécies de plantas hospedeiras conhecidas. Assim, quase qualquer cultura que anteceda abóbora, abobrinha, berinjela, melão, pepino, pimenta, pimentão e tomate pode aumentar a população desses nematoides. Além disso, temperaturas médias de 28 °C, solos mais arenosose ausência de rotação de cultura favorecem o ataque dos nematoides desse gênero. Assim, perdas podem ser agravadas em sistema protegido (estufa), variando de 15% a 44% de redução na produção de frutos de tomateiros e de até 100% no cultivo do pepino, devido ao favorecimento na reprodução dos nematoides no local (CHARCHAR; ARAGÃO, 2005).

Essas condições também são observadas em outra espécie de nematoide das galhas, *M. enterolobii*, que vem causando preocupação no segmento agrícola, por tratar-se de espécie que está disseminada em várias regiões brasileiras, de alta virulência, polífaga e com potencial de multiplicação superior a *M. incognita*. Atualmente, vem sendo registrados níveis de danos significativos em plantas portadoras de genes *Mi*, *Me* e *N* que conferem resistência a outras meloidoginoses, entretanto não conferem resistência a *M. enterolobii*. Nenhuma hortaliça frutosa atualmente apresenta genes de resistência efetivos no controle de *M. enterolobii*. No ano de 2001, essa espécie foi inicialmente relatada no país como *M. mayaguensis*, porém, após alguns estudos taxonômicos, verificou-se tratar da espécie *M. enterolobii*. Com base no fenótipo da isoenzima esterase, *M. enterolobii* foi relatada no município paulista de Reginópolis parasitando tomateiros cvs. Andréa e Débora, que são portadores do gene *Mi* e resistentes a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*. As plantas infectadas apresentavam inúmeras galhas e ausência de raízes finas, com sintomas reflexos na parte aérea (clorose, desenvolvimento insatisfatório e redução na qualidade e na quantidade de frutos).

Ainda com relação a *M. enterolobii*, cabe ressaltar que, entre as plantas mais atacadas por essa espécie, estão diversas plantas olerícolas, principalmente tomate e pimentão, além de goiabeira, fumo, soja, café e várias plantas ornamentais. Continuamente vem aumentando o número de espécies de plantas parasitadas por esse nematoide que está agravando os prejuízos no setor agrícola. Tendo em vista ainda o pouco conhecimento sobre o manejo rotacional de áreas infestadas por *M. enterolobii*, medidas de erradicação devem ser empregadas para redução das fontes de inóculo, na tentativa de diminuir sua disseminação.

2.2 Nematoides das lesões radiculares – *Pratylenchus* spp.

Pratylenchus brachyurus é a principal espécie dos nematoides das lesões que parasita as hortaliças frutosas, especialmente melão e pimentão. É uma espécie de clima tropical, bem adaptada às condições climáticas brasileiras e amplamente disseminada. Os nematoides das lesões radiculares são endoparasitos e migradores e todas as suas fases de desenvolvimento pós-emergentes do ovo são consideradas como infestantes. A penetração nos tecidos ocorre entre as células epidérmicas (penetração intercelular) ou através de uma célula (penetração intracelular) (Figura 3). Após penetrarem nas raízes, os nematoides nutrem-se das células e causam lesões. Um agravante desse fato é que, através dessas aberturas ou ferimentos, pode haver penetração de fungos e de bactérias patogênicas. Cada fêmea de *Pratylenchus* deposita, em média, 80 ovos.

Figura 3 - Penetração de *Pratylenchus brachyurus* nos tecidos radiculares de pimenta cv. Biquinho.
Fonte: Os autores.

Sintomatologia e danos

Os sintomas de galhas apresentados nas raízes (Figuras 4 e 5) e a diminuição do número de raízes finas em olerícolas são visíveis. As galhas são protuberâncias que ocorrem nas raízes infestadas pelos nematoides do gênero *Meloidogyne*, daí o nome vulgar desses parasitos (nematoides das galhas). As galhas se formam no local de alimentação das fêmeas. Abrindo-se cuidadosamente uma galha e observando-se atentamente, é possível visualizar uma ou mais dessas minúsculas fêmeas (Figuras 6 e 7).

Figura 4 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne incognita* nas raízes de tomateiro.
Fonte: Os autores.

Figura 5 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne javanica* nas raízes de tomateiro híbrido Absoluto.
Foto: Juliana Magrinelli Osório Rosa.

Figura 6 - –Fêmea de *Meloidogyne incognita* raça 3 na raiz de tomateiro.

Foto: Thatiane Yoshie Kanazawa e Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira.

Figura 7 - Fêmea de *Meloidogyne incognita* raça 3 no interior de uma galha formada na raiz de tomateiro.

Foto: Thatiane Yoshie Kanazawa e Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira.

Para os nematoides do gênero *Pratylenchus*, os sintomas nas raízes são caracterizados por lesões necrosadas causadas pela alimentação e pelo caminhamento do nematoide (Figura 8) e pela diminuição das radicelas. Ambas as deformações comprometema absorção e a translocação de nutrientes, afetam a fisiologia da planta e predispõem as plantas ao ataque de outras doenças (bacterianas e fúngicas).

Figura 8 - Raízes de pimenta cv. Biquinho com lesões necrosadas provocadas por *Pratylenchus brachyurus*.
Fonte: Os autores.

3 Abóbora, abobrinha e morangas

Abóboras, abobrinhas e morangas (*Cucurbita moschata*, *C. maxima*, *C. pepo* e *C. moschata x C. maxima*) são cultivadas em todo o Brasil, com destaque nos estados de Minas Gerais, Bahia e São Paulo. As curcubitáceas são consideradas hospedeiras favoráveis, principalmente dos nematoides causadores de galhas, sendo as espécies *M. incognita* e *M. javanica* as mais danosas a essa cultura. Os sintomas decorrentes da infecção de *Meloidogyne* são caracterizados pela formação de galhas bem desenvolvidas (Figura 9). Ocorre a má formação das plantas e o amarelecimento das folhas, que pode ser notada, em campo, no aparecimento de áreas com reboleiras, como consequência do parasitismo desses organismos. Além disso, a infestação dos nematoides predispõe à ocorrência de outros patógenos, como fungos e bactérias, causadores de doenças nas cucurbitáceas, agravando ainda mais o desenvolvimento.

Os danos e as perdas causados por nematoides nas abóboras, nas abobrinhas e nas morangas não têm sido cientificamente determinados. Mesmo em áreas comerciais, não há relatos exatos de perdas econômicas pela presença de nematoides do gênero *Meloidogyne*. É razoável supor que, no

caso da abobrinha, cujos frutos são colhidos imaturos, o ciclo rápido (ao redor de 80 dias) contribua para que os danos não cheguem a patamares econômicos. Além disso, grande parte das abóboras possui tolerância ao ataque de nematoides e, mesmo na presença de galhas, não se nota uma redução considerável na produção.

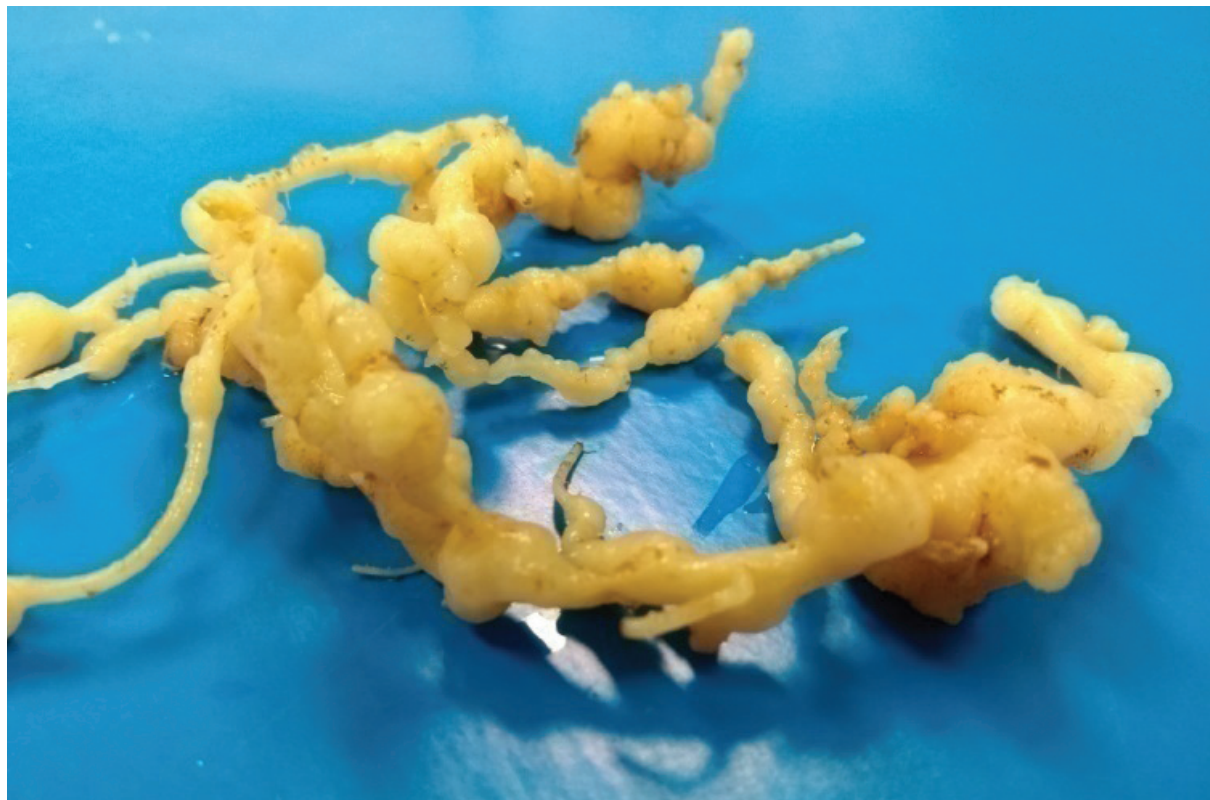



Figura 9 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne incognita* nas raízes de abóbora.
Fonte: Os autores.

4 Berinjela

Cultivada principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais e no Sul do Brasil, a berinjela (*Solanum melongena*), apesar da rusticidade, apresenta suscetibilidade principalmente às espécies de nematoides das galhas, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. enterolobii* e *M. hapla*. As galhas, por sua vez, são menores quando comparadas às demais olerícolas. Na parte superior da planta, os sintomas são expressos por clorose, murcha, diminuição no tamanho dos frutos, nanismo e redução do estande das plantas (Figura 10), levando à queda na produtividade dessa cultura. Estudos recentes conduzidos por Hussain et al. (2015) demonstram que, após a avaliação de três níveis populacionais de *M. incognita* (500, 1.000 e 2.000 J2/kg de solo) na cultivar Pusa púrpura longa, *M. incognita* foi patogênica à planta de berinjela em níveis mais altos. Dois mil J2 de *M. incognita* /kg de solo foram capazes de causar reduções no comprimento radicular e no peso da parte aérea, de 24% e 29%, respectivamente.

Figura 10 - Nanismo e redução de estande de plantas de berinjela causados por *Meloidogyne javanica*.
Fonte: Os autores.

Segundo Pinheiro et al. (2013), algumas fontes de resistência já foram relatadas nas espécies selvagens de berinjela, como *S. toxicarium*, *S. khasianum*, *S. torvum* e *S. sisymbriifolium*; entretanto estudos para encontrar resistência aos nematoides das galhas não foram ainda devidamente avaliados nos bancos ativos de germoplasma.

5 Melão

No Brasil, as principais regiões produtoras de melão ficam nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. No município de Assu, RN, a ocorrência de *M. incognita* e *M. javanica* tem limitado a produção de melão, com perdas que podem chegar a 100% (PINHEIRO; AMARO, 2010). O sintoma típico é a presença de galhas nas raízes (Figura 11), que coalescem e afetam a absorção e a translocação de nutrientes, além de predispor as plantas ao ataque de doenças.

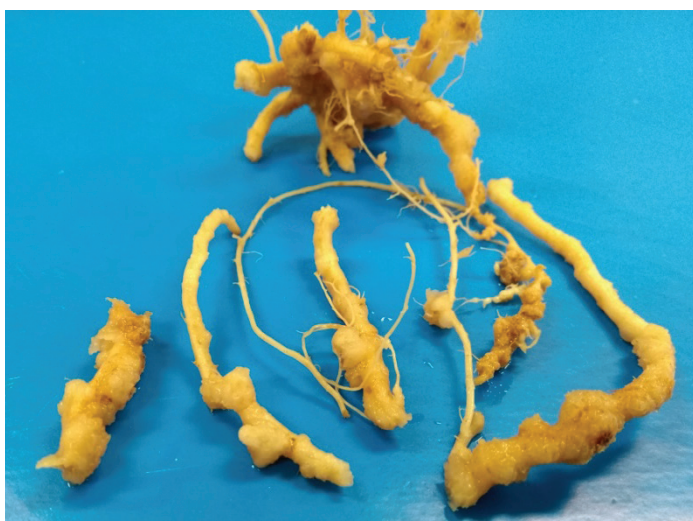



Figura 11 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne incognita* nas raízes de melão.
Fonte: Os autores.

Baseando-se em experimento conduzido em condições de campo, na Califórnia, Estados Unidos, Ploeg e Phillips (2001) relataram que *M. incognita* reduz o número de frutos colhidos de melão cv Durango, com perdas na produtividade de até 65%, embora não afete o tamanho dos frutos. Os autores determinaram ainda que o limite de tolerância (T) é 0,48, ou seja, de apenas 1 juvenil de *M. incognita* por 200 cm^3 de solo (Figura 12). Além disso, observaram a diminuição na severidade dos danos de *M. incognita* em plantas de melão com idade mais avançada quando comparadas às plantas inoculadas mais jovens, com a mesma densidade de nematoides.

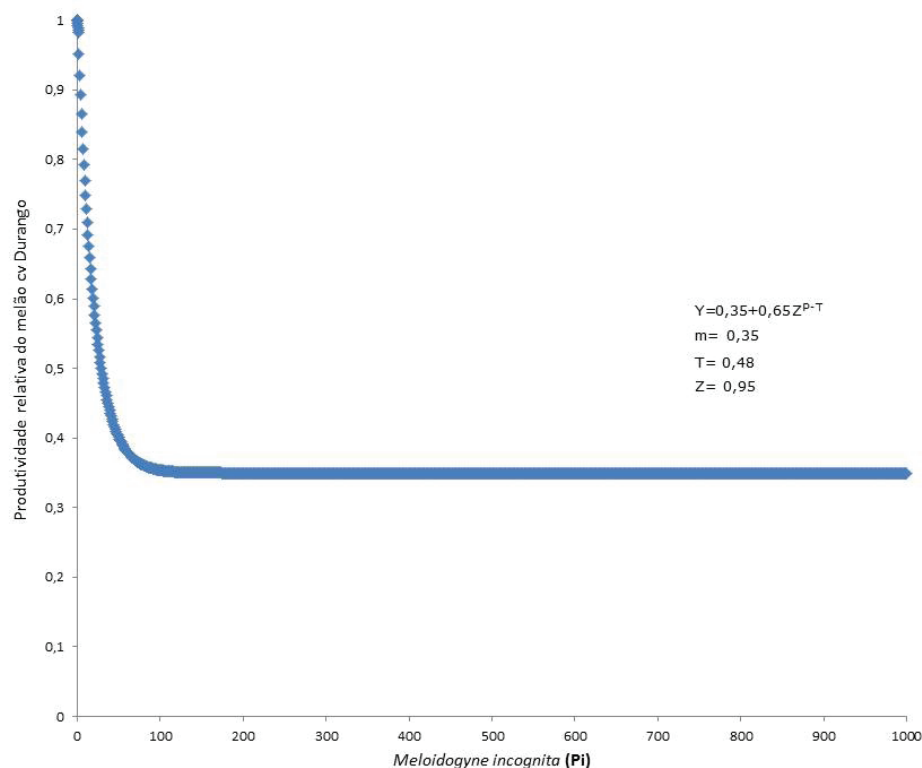



Figura 12 - Relação entre a população inicial (Pi) de *Meloidogyne incognita* e a produtividade relativa do melão cv. Durango.
Fonte: Ploeg e Phillips (2001).

O primeiro relato de lesões causadas por *P. brachyurus* em meloeiro no Brasil foi feito por Torres et al. (2004), ocorrendo em solos naturalmente infestados, de um campo de produção comercial no município de Baraúnas, RN. No entanto, anteriormente, em condições controladas, Machado e Inomoto (2001) observaram que o melão cv. Valenciano foi uma das olerícolas mais suscetíveis a *P. brachyurus*, com fator de reprodução igual a 6,75, confirmando o estudo prévio de Charchar e Huang (1981). De acordo com Pinheiro e Amaro (2010), *P. brachyurus* pode parasitar tanto os pelos radiculares como as raízes fibrosas do melão (Figura 13), reduzindo a capacidade da planta de absorver nutrientes do solo, resultando em sintomas reflexos na parte aérea caracterizados pelo desenvolvimento insatisfatório, pelas folhas cloróticas e pela diminuição no rendimento do meloeiro.

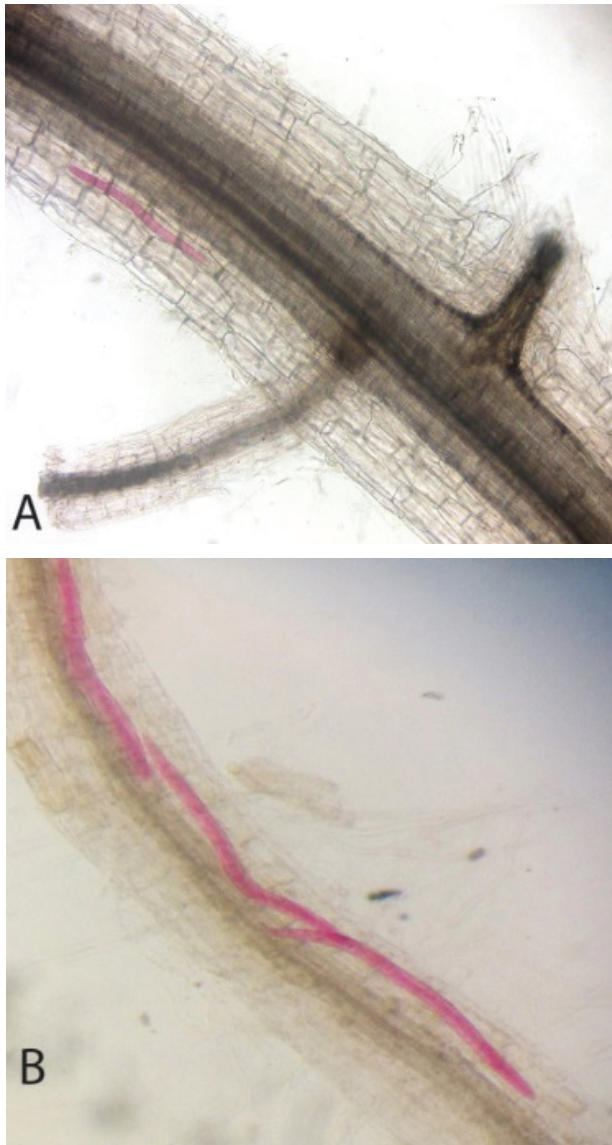



Figura 13 - Penetração de *Pratylenchus brachyurus* nos tecidos radiculares de melão.
Fonte: Os autores.

6 Pepino

O pepino é uma planta da família Curcubitaceae, pertencente ao gênero *Cucumis*, espécie *C. sativus*, cultivada principalmente na região Sudeste, sendo o Estado de São Paulo responsável por mais de 50% de sua produção. Está entre as olerícolas mais cultivadas no país, entretanto não se adapta a cultivo em baixas temperaturas, necessitando de temperaturas superiores a 20°C para seu desenvolvimento (ROBINSON; DECKER-WALTERS, 1999).

O pepino é a cucurbitácea cultivada com maiores danos provocados por nematoides. Considerando os estudos de Huang e Viana (1980), altos níveis populacionais (por exemplo, 20.000 e 100.000 ovos de *M. incognita*/litro de solo) são capazes de ocasionar 100% de mortalidade de plântulas, após um mês da semeadura. Mesmo em níveis menores (1.000 ovos de *M. incognita*/L de solo), pode ocorrer redução superior a 50% na produção de frutos de pepino.

Quando atacadas pelos nematoides, as plantas apresentam subdesenvolvimento na parte aérea e murcha da planta nos períodos mais quentes. Ocorre sintoma de amarelecimento foliar e as raízes apresentam galhas bem definidas, com diminuição nas raízes secundárias.

Alguns marcadores moleculares ligados ao gene *Mj* têm sido avaliados para o desenvolvimento de cultivares resistentes (DEVRAN et al., 2011). Para o cultivo de pepino, principalmente em área protegida, porta-enxertos de abóboras tolerantes ao ataque de nematoide são vastamente utilizadas no Brasil. Por terem sistema radicular vigoroso e reduzida taxa de reprodução para espécies de *Meloidogyne*, eles garantem produtividade aos pepinos, mesmo em solos contaminados com nematoides. Atualmente os híbridos de abóboras mais utilizados como porta-enxerto para pepino são Keiji, Fuerza, Pontent, TSX 10350 e Tropical.

Figura 14 - Galhas radiculares: sintoma direto causado por *Meloidogyne enterolobii* em raiz de pimenta cv. Biquinho.

Fonte: Os autores.

7 Pimenta e Pimentão

Dentre as dez olerícolas mais consumidas no Brasil, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) e as pimentas correspondem à terceira espécie de Solanaceae mais cultivada no país, ficando atrás somente da batata e do tomate. Os principais estados produtores são São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Pernambuco. Considerado um dos maiores produtores de pimentões, o Estado de São Paulo vem sofrendo perdas consideráveis nas cultivares comerciais devido à presença de *M. incognita* e *M. enterolobii*, este último ainda com ausência de cultivares resistentes.

Inúmeros são os genes de resistência a nematoides já relatados em *Capsicum* sp. Os estudos tiveram início já na década de 50 e atualmente são relatados, por exemplo, os seguintes genes: *N* (resistência a *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica*); *Me1* (resistência a *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e a algumas populações *de M. hapla*); *Me2* (resistência a *M. javanica*); *Me3* (resistência a *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e a algumas populações de *M. hapla*); *Me4* (resistência a algumas populações de *M. arenaria*) e *Me5* (resistência a *M. javanica* e a algumas populações de *M. arenaria*). Com relação a *M. enterolobii*, Oliveira (2007) relatou uma possível fonte de resistência em *C. frutescens*, porém nenhum resultado prático foi, até o momento, observado visando ao controle desse nematoide pelo uso dessa resistência em função da incompatibilidade para a enxertia.

Os sintomas mais comumente observados são galhas irregulares com massas de ovos evidenciadas em todo sistema radicular (Figura 14), provocados principalmente por *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e *M. enterolobii*. Outro sintoma bem característico a esse cultivo é o apodrecimento das raízes, uma vez que os nematoides intensificam a entrada de fungos e de bactérias considerados patógenos secundários, como *Slerotium rolfsii*, *Fusarium* sp. *Verticillium* sp e *Rastonia* sp. (PINHEIRO, 2017).

As plantas infestadas têm seu desenvolvimento comprometido, tornando-se raquíticas, apresentando amarelecimento e uma alta desfolha na planta, resultando na redução da produtividade.

Na cultura do pimentão, a presença de *M. enterolobii* ocorreu no ano de 2006, quando o porta-enxerto de pimentão 'Silver' e tomateiros 'Andréia' e 'Débora', considerados resistentes às principais espécies de *Meloidogyne* (*M. javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria*), apresentaram sintomas de galhas e comprometimento em seu desenvolvimento vegetativo (CARNEIRO et al., 2006).

Em levantamento para observação das espécies de *Meloidogyne* e de seus sintomas, realizado nas regiões produtoras de olerícolas, nos municípios de Arealva, Bauru, Botucatu, Manduri, Pirajuí e Taguaí, pode-se observar que as maiores densidades de *M. incognita* e *M. enterolobii* foram obtidas em pimentão, causando grande variação no tamanho (Figura 15) e diminuição da produção de frutos. Os valores de densidade populacional, em alguns locais, atingiram altos índices de até 292.800 J_2 + ovos / 10 gramas de raízes e 3.750 J_2 / 250 cm^3 de solo (ROSA; WESTERICH; WILCKEN, 2013).

Com relação aos nematoides das lesões, pelos danos provocados, *P. brachyurus* e *P. penetrans* são importantes para as pimentas e os pimentões. Essas espécies levam ao apodrecimento das raízes devido à sua alimentação e ao caminhamento, causando grandes áreas necrosadas nas raízes (Figura 16). As plantas também têm seu crescimento vegetativo reduzido, apresentando frutos de menores tamanhos.

Figura 15 - Plantas de Pimentão com redução no estande e murcha causados por *Meloidogyne incognita*, em cultivo protegido.

Fonte: Os autores.

Figura 16 - Sistema radicular de pimenta cv. Biquinho com lesões necrosadas provocadas por *Pratylenchus brachyurus*.
Fonte: Os autores.

Pratylenchus brachyurus já foi relatado parasitando pimenta malagueta na Bahia (SHARMA; LOOF, 1977). Na cultura do pimentão, Pinheiro, Pereira e Guimarães (2016) observaram que, em cultivos em ambiente protegido, no Distrito Federal, o principal sintoma devido à infestação por *P. brachyurus* é a presença de lesões escuras e necróticas nas raízes parasitadas, que se tornam apodrecidas e corticosas após a infecção de outros microrganismos de solo. De acordo com os autores, as plantas infectadas apresentam atraso no desenvolvimento, com drástica redução do crescimento em relação às não infectadas. Na parte aérea, ocorre murcha e desenvolvimento reduzido da planta e dos frutos. No entanto, em experimentos desenvolvidos em condições controladas por Machado e Inomoto (2001), o pimentão cv. Cascadura Ikeda comportou-se como resistente a *P. brachyurus*, com fator de reprodução menor do que um, podendo ser utilizada como fonte de resistência nos programas de melhoramento genérico da cultura.

Em estudo realizado na Nigéria por Khan (1994), foi observado que, dentre 30 diferentes olerícolas, a berinjela, o quiabeiro e a pimenteira foram as melhores hospedeiras de *P. brachyurus*, aumentando em 30 vezes a densidade populacional, após 75 dias da inoculação.

8 Tomate

O tomate está entre as mais importantes olerícolas cultivadas no Brasil, sendo os estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás os maiores produtores. Os sintomas de campo causados pelos nematoides das galhas normalmente ocorrem em reboleiras. Em plantios iniciais, altas infestações podem levar à morte das mudas e, nas plantas sobreviventes, a produção é fortemente afetada em relação à quantidade e à qualidade dos frutos, inviabilizando o cultivo nessas áreas. Os nematoides das galhas são considerados os patógenos mais prejudiciais ao tomateiro, inviabilizando áreas na presença de altos níveis populacionais. As espécies *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* são as mais prejudiciais, entretanto *M. arenaria* e *M. hapla* também podem causar perdas significativas quando incidem nessa cultura. Perdas superiores a 27% podem ser causadas por nematoides das galhas na produção do tomate em campo aberto (KAUR; SHARMA; SULTAN, 2011). Nos cultivos protegidos, as perdas econômicas variam de 14% a 44% (CHARCHAR; ARAGÃO, 2005).

As plantas de tomate infestadas podem ser reconhecidas por uma condição peculiar apresentada na parte aérea, ou seja, as plantas murcham mesmo que o solo esteja úmido. Também apresentam folhas amareladas e normalmente crescem pouco em relação a uma planta sadia (Figura 17). Nem sempre, porém, os sintomas de campo são observados, devido à pesada adubação que a cultura recebe, ajudando assim a mascarar os efeitos dos nematoides na parte aérea.

Figura 17 - Plantas de tomateiro com desenvolvimento insatisfatório devido ao ataque de *Meloidogyne javanica*.

Fonte: Os autores.

Grande parte dos híbridos de tomate presentes no mercado atualmente apresenta resistência aos nematoides das galhas. Alguns dos principais híbridos disponíveis para os diferentes segmentos de mercado com resistência a *M. incognita* e *M. javanica* encontram-se na Tabela 1. A maioria apresenta o gene *Mi* 1 oriundo de *Lycopersicon peruvianum* (WATTS, 1947). Esse gene confere resistência a *M. incógnita*, *M. arenaria*, *M. javanica* e a algumas populações de *M. hapla.* Cabe ressaltar que ainda não há cultivares de tomate resistentes a *M. enterolobii* que possibilitem a produção em áreas infestadas com essa espécie. Até o presente momento, só foram relatados alguns casos de resistência em acessos de tomateiros, ou seja, plantas ainda não comerciais e algumas cultivares de tomate que demonstraram ser menos suscetíveis ao parasitismo de *M. enterolobii*, mas que ainda elevariam a população dessa espécie na área infestada.

Tabela 1 – Híbridos de tomate com expressão econômica (abril/2018) no Brasil resistentes a *M. incognita* e *M. javanica*

Híbrido	**Segmento**
Aguamiel	Saladete (Italiano)
Arendel	Salada
Batalha	Salada
Carina Star	Saladete (Sta Cruz)
Carina Ty	Saladete (Sta Cruz)
Compack	Salada
Dominador	Salada
Itaipava	Salada
Pai Pai	Saladete (Italiano)
Pizzadoro	Saladete (Italiano)
Plutão	Saladete (Italiano)
Protheus	Salada
Ravanea	Saladete (Italiano)
Santy	Salada
Santyno	Saladete (Sta Cruz)
Totalle	Saladete (Italiano)
Valerin	Salada
Vento	Salada

Fonte: Os autores.

Embora em proporções menores quando comparadas ao nematoide das galhas, *P. brachyurus* e *P. penetrans* são as principais espécies dentro do gênero *Pratylenchus* a causarem danos em tomateiro. Os sintomas diretos são lesões escurecidas nas raízes dos pimentões e das pimentas e diminuição do sistema radicular. Segundo Pinheiro, Pereira e Guimarães (2016), plantas infectadas apresentam drástica redução do desenvolvimento da parte aérea e queda da produção.

9 Identificação das espécies de *Meloidogyne* e *Pratylenchus*

Rotineiramente, a identificação das espécies de importância agrícola do gênero *Meloidogyne* é feita por caracteres morfológicos, examinando a região perineal da fêmea. Porém há casos em que os padrões perineais assemelham-se e causam incerteza na identificação da espécie, resultando em táticas de manejo inadequadas e maior disseminação e reprodução do nematoide.

Por exemplo, a configuração perineal de *M. enterolobii* não é uma característica confiável para a sua identificação, pois apresenta uma elevada variabilidade e alguns espécimes podem possuir um padrão perineal semelhante ao de *M. incognita* (Figura 18).

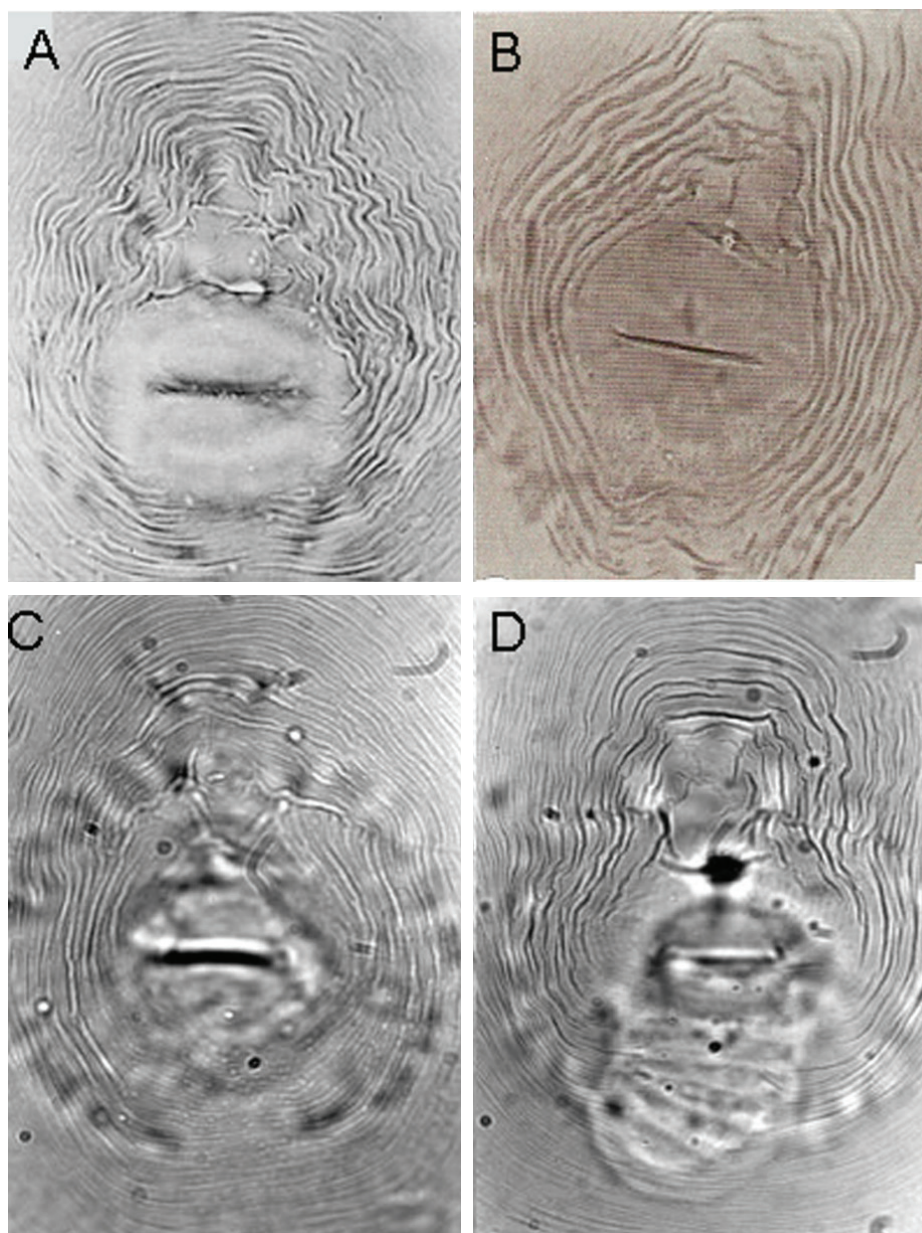



Figura 18 - Comparação dos padrões perineais de *Meloidogyne* sp. (A) *Meloidogyne incognita*; (B) *M. paranaensis*; (C) *M. enterolobii* (*M. mayaguensis*), padrão relatado na descrição da espécie (Flórida/US) e (D) *M. enterolobii* com variação de padrão perineal intraespecífica.

Fonte: Os autores.

Todavia a sobreposição dessa característica entre espécies e a influência do ambiente na sua expressão têm motivado vários pesquisadores a buscar métodos alternativos para auxiliarem na taxonomia morfológica tradicional. Dentre esses métodos, incluem-se análise eletroforética de proteínas e isoenzimas em gel de poliacrilamida e análise de DNA. Em virtude de ser um método relativamente simples, a análise de isoenzimas tem sido empregada para trabalhos de rotina (Figura 19).

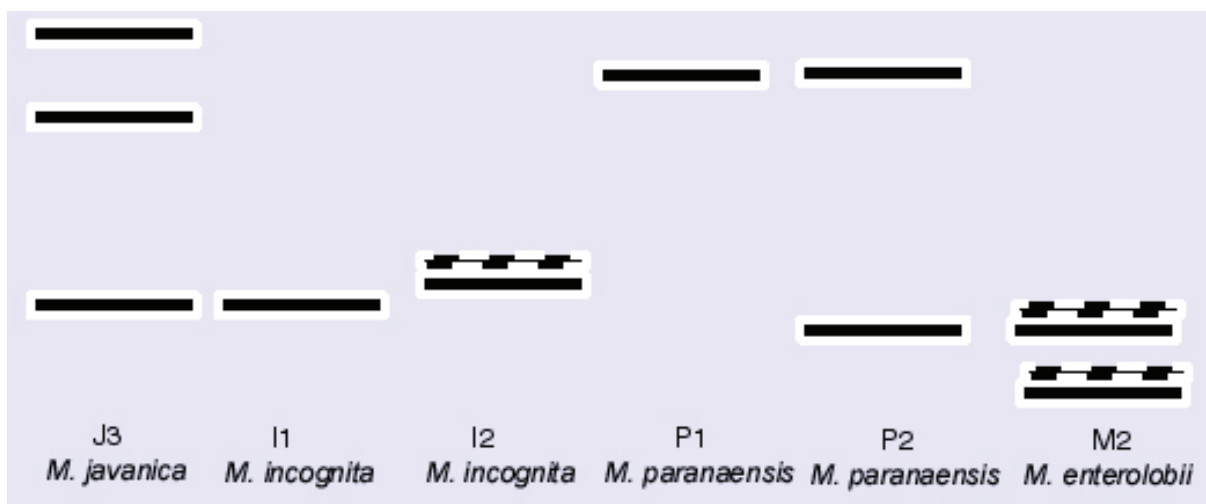



Figura 19 - Fenótipos específicos de esterase para identificação de espécies de *Meloidogyne*. Linhas pontilhadas indicam bandas fracas.

Fonte: Os autores.

Eletroforese de isoenzimas é uma técnica de grande valia para caracterizar as espécies de *Meloidogyne* que já foram estudadas bioquimicamente e possuem padrões isoenzimáticos. Estudos podem ser realizados viabilizando e facilitando os levantamentos no campo, determinando a frequência e a distribuição relativa das espécies, detectando populações misturadas para proceder à purificação dessas populações antes de conduzir estudos em resistência de plantas ou especificidade de hospedeiros e caracterizar fenótipos atípicos, ou seja, espécies ainda não descritas.

No caso do gênero *Pratylenchus*, de acordo com Gonzaga et al. (2016), os principais caracteres utilizados para a identificação de espécies de *Pratylenchus* **são** os seguintes: comprimento do corpo (L); largura da região labial; altura da região labial; comprimento do estilete; largura dos nódulos basais do estilete; altura dos nódulos basais do estilete; distância da abertura dos ductos da glândula dorsal esofagiana aos nódulos basais do estilete (DGO); maior largura do corpo (l); distância da região labial à vulva; distância da região labial ao poro excretor; comprimento do esôfago; comprimento da sobreposição do esôfago ao intestino; distância da espermateca à vulva; largura do corpo na vulva; distância da vulva ao ânus; comprimento do saco pós-uterino; largura do corpo na região anal; comprimento da cauda; número de anéis na cauda; largura/ altura da região labial; a (comprimento do corpo dividido pela maior largura); b (comprimento do corpo dividido pelo comprimento do esôfago); c (comprimento do corpo dividido pela cauda); c’ (comprimento da cauda dividido pela largura do corpo na região anal); V (distância da extremidade anterior à vulva, como percentagem do comprimento total do corpo). Além disso, os autores providenciaram uma chave dicotômica para identificação das mais importantes espécies de *Pratylenchus* que ocorrem no Brasil.

A taxonomia clássica, baseada em estudos morfológicos e morfométricos, com auxílio de microscópio de luz, tem sido tradicionalmente utilizada na diagnose de nematoides das lesões. No entanto, devido ao número limitado de características taxonômicas e ao declínio no interesse

em taxonomia clássica, observa-se um esforço crescente direcionado para o desenvolvimento de diagnóstico de espécies de *Pratylenchus* baseado em técnicas moleculares.

10 Manejo/Controle

Controle preventivo: são sempre mais eficientes e econômicos que os tratamentos curativos. Incluem-se o uso de mudas isentas de nematoides e plantio em área não infestada. A análise nematológica da área, avaliando o solo e as raízes da cultura anterior, fornece importantes informações para o agricultor. No caso de cultivos irrigados, evitar o uso de água contaminada. O manuseio e a assepsia de implementos e de máquinas agrícolas merecem atenção especial, principalmente ao serem empregados em áreas infestadas. A desinfestação é mandatória antes de serem utilizados em outras áreas de plantio. O trânsito de máquinas e de pessoas de áreas infestadas para áreas sadias deve ser monitorado constantemente.

Rotação de cultura: é o método mais acessível à maioria dos produtores e visa à diminuição do nível populacional dos nematoides, utilizando-se o cultivo de plantas não hospedeiras em áreas infestadas por nematoides. Sugere-se, em áreas infestadas por *M. javanica*, a rotação com algodoeiro e amendoim. Outra opção é a utilização de híbridos de milho resistentes a *M. javanica*, como AG 9020, AG 8021 e DKB 566; porém é preciso lembrar que muitos outros são suscetíveis. Ressalte-se que a correta identificação da espécie de *Meloidogyne* é importante no caso de uso de milho como cultura de rotação, pois quase todos os híbridos disponíveis no mercado são suscetíveis a *M. incognita*. Para áreas infestadas com *M. incognita* ou com infestação conjunta de *M. javanica* e *M. incognita*, o amendoim e as braquiárias (*Brachiaria brizantha*, *B. decumbens*) são indicados. Também alguns adubos verdes, como *Crotalaria spectabilis* e *C. breviflora*, são bastante eficazes para o controle dos nematoides das galhas, reduzindo a população e favorecendo as condições físico-químicas do solo. Gramíneas como milho, milheto e *Brachiaria* devem ser evitadas em áreas com presença de *Pratylenchus* por serem hospedeiras principalmente de *P. brachyurus*.

Deve-se evitar o plantio de cultivares suscetíveis. Culturas como ervilha, quiabo, soja, feijão aumentam a maioria das espécies dos nematoides das galhas e, por isso, não são indicadas para rotação de cultura. Todavia algumas culturas olerícolas são bem aceitas para o programa de rotação de cultura, desde que se conheça a espécie de *Meloidogyne*, para a escolha de uma cultivar resistente. Algumas olerícolas, como as brássicas (couve-flor, brócolis, couve-manteiga, couve chinesa, repolho e rúcula), principalmente para *M. enterolobii*, e o alface são bem aceitos em rotação, uma vez que reduzem a multiplicação da maioria das espécies de *Meloidogyne*.

Controle químico: em áreas infestadas por espécies de *Meloidogyne*, o controle químico, embora de altíssimo custo e alta toxicidade, constitui-se em alternativa eficiente de controle. Os principais nematicidas com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento podem ser consultados no seguinte link: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

Cultivares resistentes: uma das formas mais importantes de controle dos nematoides é uso de cultivares resistentes (Tabela 1). Para culturas onde não há híbridos disponíveis ou variedades resistentes, porta-enxertos têm sido usados no intuito de reduzir os danos provocados por esses vermes.

Tamanho das mudas: entre as técnicas para minimizar os efeitos dos nematoides, vale ressaltar alguns estudos em que a utilização de mudas em estágios mais desenvolvidos vem demonstrando resultados satisfatórios em campos infestados com nematoides. Como um dos exemplos, podemos citar o estudo realizado por Oliveira et al. (2018) que avaliaram a patogenicidade de *M.enterolobii* em três diferentes idades de mudas de pimentão cv. Orazio (um, três e cinco pares de folhas verdadeiras). Nesse estudo, observou-se um limite de tolerância de 2.500 nematoides para mudas

menores, com um e três pares de folhas, e um limite de tolerância de 8.500 nematoides para mudas mais desenvolvidas, com cinco pares de folhas. O rendimento mínimo da planta (m) foi de 0,445, 0,809 e 0,965, respectivamente, demonstrando que as plantas tiveram uma redução de 55,5, 19,1 e 3,5% em seu desenvolvimento (Figura 20). Portanto uma muda com cinco pares de folhas, denominada de 'mudão', mostrou-se mais tolerante, podendo ser considerada no manejo de áreas infestadas com *M. enterolobii* (Figuras 21 e 22).

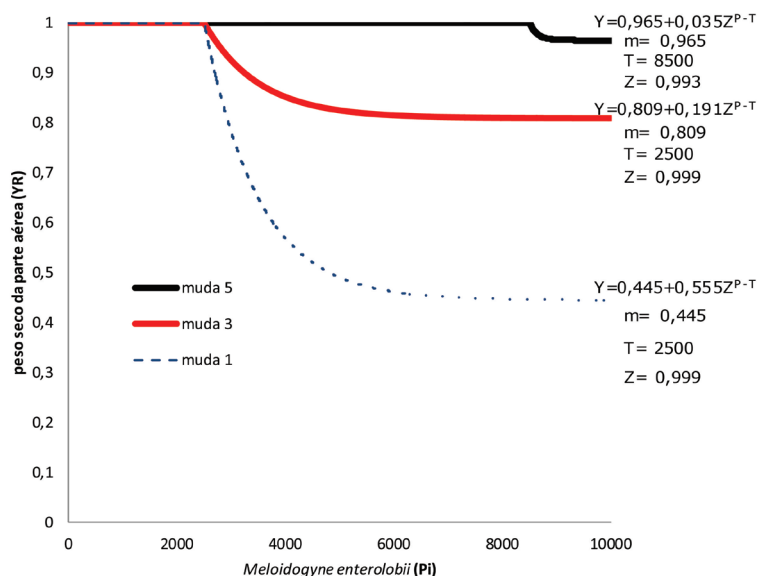



Figura 20 - Relação entre a população inicial (Pi) de *Meloidogyne enterolobii* e a massa seca da parte aérea (YR) de pimentão cv. Orazio, após 60 dias.

Fonte: Os autores.

Figura 21 - Sintomas do parasitismo em diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne enterolobii* em mudas de pimentão cv. Orazio com um (A), três (B) e cinco (C) pares de folhas verdadeiras, após 60 dias.

Fonte: Os autores.

Figura 22 - Desenvolvimento do sistema radicular e sintomas de galhas provocadas por *Meloidogyne enterolobii* (Pi=10.000) em mudas de pimentão cv. Orazio com um (A), três (B) e cinco (C) pares de folhas verdadeiras, após 60 dias.
Fonte: Os autores.

Outras práticas culturais: a adição de material orgânico melhora as propriedades físico-químicas do solo, favorecendo o crescimento das plantas e tornando-as mais tolerantes. Também propicia o crescimento das populações de inimigos naturais dos nematoides. A decomposição da matéria orgânica libera compostos altamente tóxicos aos fitonematoides.

A erradicação de plantas daninhas, principalmente durante o pousio ou durante a rotação com planta não hospedeira, evita que os nematoides das galhas sobrevivam ou multipliquem nessas plantas.

A enxertia é outra técnica consagrada para obtenção de resultados satisfatórios no campo. Essa técnica, bastante utilizada em cultivos de tomate, pimentão e pepino, possibilita que cultivares comerciais sejam associados a porta-enxertos resistentes a determinadas espécies de nematoides, resultando em uma boa produtividade em áreas infestadas.

11 Coleta e envio de amostras para análise nematológica

Nem sempre é possível reconhecer e diagnosticar a presença de fitonematoides exclusivamente pela observação dos sintomas. Para tanto, é imprescindível a realização de análise laboratorial.

Considerando que os principais nematoides parasitam órgãos vegetais subterrâneos (principalmente as raízes), o bom senso prevalece na coleta e no envio de amostras nematológicas. Para culturas anuais, pelo menos 10 subamostras por hectare devem ser coletadas, totalizando uma amostra composta de aproximadamente 0,5 a 1,0 kg de solo (com a umidade natural) e 20 g de raízes. Preferencialmente, as raízes devem ser encaminhadas envolvidas na mistura de solo para

não ressecar. As amostras (solo + parte vegetal) devem ser acondicionadas em sacos plásticos resistentes e encaminhadas com brevidade para análise. Além disso, devem ser corretamente identificadas com as seguintes informações: local e data de coleta, nome da planta, propriedade e proprietário, endereço para envio do resultado e telefone para contato.

12 Referências

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes meloidoginose no estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 81-86, 2006.

CHARCHAR, J. M.; ARAGÃO, F. A. S. Reprodução de *Meloidogyne* spp. em cultivares de tomate e pepino sob estufa plástica e campo. **Nematologia Brasileira**, Jaboticabal, v. 29, p. 243-249, 2005.

______; HUANG, C. S. Círculo de hospedeiras de *Pratylenchus brachyurus*. II: hortaliças. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, p. 57-65, 1981.

CHITWOOD, D. J. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 59, p. 748-753, 2003.

DEVRAN, Z. et al. AFLP and SRAP markers linked to the *mj* gene for root-knot nematode resistance in cucumber. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, no. 1, p. 115-119, 2011.

GONZAGA, V. et al. (2016). Gênero *Pratylenchus*. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. (Org.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millennium, 2016. p. 71-98.

HUANG, C. S; VIANA, B. F. Relação entre níveis de inóculo pré-plantio de *Meloidogyne incognita* com o desenvolvimento do pepino. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 5, p. 401-402, 1980.

HUGOT, J. P.; BAUJARD, P.; MORAND, S. Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. **Nematology**, Orlando, v. 3, p. 199-208, 2001.

HUSSAIN, M. A. et al. Effect of inoculum density of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on damage potencial in eggplant. **Mycopath**, Lahore, v. 13, no. 1, p. 33-36, 2015.

JAIRAJPURI, M. S.; AHMAD, W. D. **Free-living predaceous and plant-parasitic nematodes**. New Delhi: Oxford and IBH Publishing, 1992.

KAUR, D. N.; SHARMA, S. K.; SULTAN, M. S. Effect of different chemicals on root knot nematode in seed beds of tomato. **Plant Disease Research**, Saint Paul, v. 26, no. 2, p. 170-170, 2011.

KHAN, F. A. Effect of soil organic amendments on the development of *Pratylenchus brachyurus* and growth and yield of okra. **Afro Asian Journal of Nematology**, Luton, v. 4, p. 84-87, 1994.

LAMBSHEAD, P. J. D. Recent developments in marine benthic biodiversity research. **Oceanis**, v. 19, no. 6, p. 5-24, 1993.

LOPES, E. A.; FERRAZ, S. Importância dos fitonematoides na agricultura. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A. ; CASTRO, L. H. S. (Org.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millennium, 2016. v. 1, p. 14.

MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Host status of eighteen vegetable crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, Florida, v. 31, no. 2, p. 259-265, 2001.

MOENS, T., YEATES, G. W.; DE LEY, P. Use of carbon and energy sources by nematodes. **Nematology Monographs and Perspectives**, Leiden, v. 2, p. 529-545, 2004.

OLIVEIRA, D. C. **Enxertia de plantas de pimentão em *Capsicum* spp. no manejo de nematóides de galha**. 2007. 134 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

OLIVEIRA, S. A. et al. Do the stage of plant and initial population of root knot nematode influence on sweet pepper development? **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, 2018. No prelo.

PINHEIRO, J. B. **Nematoides em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

______; AMARO, G. B. **Ocorrência e controle de nematoides nas principais espécies cultivadas de cucurbitáceas**. Brasília, DF: Embrapa, 2010. p. 1-7. (Circular técnica, 88).

______; PEREIRA, R. B.; GUIMARÃES, J. A. **Manejo de nematoides na produção integrada de pimentão**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. (Circular técnica, 148).

______ et al. **Ocorrência e manejo de nematoides na cultura do jiló e berinjela**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. (Circular técnica, 125).

PLOEG, A. T.; PHILLIPS, M. S. Damage to melon (*Cucumismelo* L.) cv. Durango by *Meloidogyne incognita* in Southern California. **Nematology**, Orlando, v. 3, no. 2, p. 151-157, 2001.

ROBINSON, R. W.; DECKER-WALTERS, D. S. **Cucurbits**. Cambridge: Cab International, 1999.

ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Nematoides das galhas em áreas de cultivo de olerícolas no estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba , v. 37, n. 1-2, p. 15-19, 2013.

SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on nematology, the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.).**Vistas on nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. v. 7, p. 14.

SHARMA, R. D.; LOOF, P. A. A. Nematodes of the cocoa region Bahia, Brazil. VII. Nematodes associated with vegetables. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, Piracicaba, v. 2, p. 125-133, 1977.

TORRES, G. R. C. et al. *Pratylenchus brachyurus* em *Cucumis melo* no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, no. 6, p. 668-669, 2004.

WATTS, V. M. The use of *Lycopersicon peruvianum* as a source of nematode resistance in tomatões. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 49, p. 233-234, 1947.

Interferência das plantas daninhas nas plantas cultivadas

Denis Fernando Biffe, Jamil Constantin e Rubem Silvério de Oliveira Junior

1 Introdução

Os termos plantas invasoras, plantas daninhas e ervas daninhas têm sido empregados indistintamente na literatura brasileira. Essas plantas são também designadas como plantas ruderais, plantas silvestres, mato ou inço; entretanto todos esses conceitos baseiam-se na sua indesejabilidade em relação à atitude humana. Um conceito mais amplo de planta daninha é enquadrá-la como toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada. Com relação ao termo erva daninha, bastante utilizado, deveria ser evitado como termo geral, uma vez que implica considerá-la como planta herbácea, o que não é totalmente verdadeiro (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). Pelo menos 20% das espécies daninhas não são herbáceas, sendo arbustivas ou até arbóreas, como a maioria das plantas daninhas de pastagens (LORENZI, 1991).

Os prejuízos observados nas plantas cultivadas em função da presença das plantas daninhas não podem ser atribuídos apenas à competição. Existe um conjunto de pressões ambientais que podem ser diretas (competição, alelopatia) ou indiretas (hospedeiras de pragas e doenças). O efeito integrado desses fatores é chamado interferência, ou seja, o conjunto de ações que recebe uma determinada cultura em decorrência da presença da comunidade infestante em um determinado local (PITELLI, 1985). Com relação às interferências diretas, as mais importantes são competição e alelopatia. No caso da competição, os recursos mais comumente sujeitos ao recrutamento pelas espécies são nutrientes, luz e água (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

Outro aspecto da interferência direta é a alelopatia. Esse termo foi definido como o efeito prejudicial de uma planta sobre outra através da produção de compostos químicos liberados no ambiente, denominados aleloquímicos (RICE, 1974). O que difere alelopatia de competição é o fato de a competição remover do meio fatores de crescimento necessários a ambas as plantas (água, nutrientes, gás carbônico), enquanto, para alelopatia, ocorre adição de substâncias ao meio. De maneira geral, todas as partes das plantas podem conter aleloquímicos, como folhas, caules, raízes, rizomas, fatores, frutos e sementes. Também no processo de decomposição da palha, há liberação de substâncias alelopáticas (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

As plantas daninhas podem causar danos indiretos às culturas, como hospedeiras alternativas de insetos, doenças, nematoides e plantas parasitas. O mosaico-dourado é uma doença virótica que ocorre em espécies de guanxumas. As plantas dessa espécie são tolerantesao vírus que é transmitido pela mosca-branca a lavouras. O amendoim-bravo (*Euphorbiahe terophylla*) e a guanxuma (*Sida rhombifolia*) são também hospedeiros do vírus do mosaico-anão e domosaico-crespo, respectivamente. No caso de nematoides, foram identificadas 57 espécies de plantas daninhas no Brasil que atuam como hospedeiras alternativas de *Meloidogyne javanica*. Formas juvenis do nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines*) conseguem penetrar em raízes de mentrasto (*Ageratum conyzoides*), desmódio (*Desmodium tortuosum*) e feijão-bravo (*Cassia* spp.) (DIAS et al., 1995). O joá-de-capote (*Nicandra physaloides*) e o trevo (*Oxalis latifolia*) são hospedeiros naturais

de begomovírus. A beldroega (*Portulaca oleracea*) e diversas solanáceas são hospedeiras naturais de tospovírus, causador do vira-cabeça-do-tomateiro.

A murcha-bacteriana do tomateiro, causada por *Ralstonia solanacearum*,infecta espécies de plantas pertencentes a mais de 50 famílias, provocando maiores perdas nas solanáceas. Assim, as plantas daninhas pertencentes a essa família podem manter altas populações da bactéria no solo, o que dificulta o controle da doença no campo (BAPTISTA et al., 2006). Além disso, as espécies maria-pretinha (*S. americanum*), joá-bravo (*Solanumsi symbriifolium*) ejoá-de-capote (*N. physaloides*) são hospedeiras de nematoides do gênero *Meloidogyne* (CAVALIERI; MACIEL, 2013).

Há evidências de que algumas das mais agressivas plantas daninhas perenes mundialmente distribuídas, incluindo *Agropyron repens*, *Cirsium arvensis*, *Sorghum halepense* e *Cyperus esculentus*, apresentam efeitos alelopáticos, particularmente por meio da liberação de toxinas originadas de sua decomposição (PUTNAM, 1987).

2 Interferências das plantas daninhas

O grau de interferência entre as plantas cultivadas e as plantas daninhas depende de diversos fatores relacionados à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição) e à própria cultura (gênero, espécie ou cultivar, espaçamento entre linhas de cultivo e densidade de semeadura). Além disso, depende também da época e da duração do período de convivência mútua, podendo ser modificado pelas condições edáficas e climáticas e por tratos culturais específicos (PITELLI, 1985).

Os estudos sobre interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas objetivam determinar os períodos críticos de interação entre culturas e comunidades infestantes. Tais períodos foram definidos por Pitelli e Durigan (1984) como período total de prevenção à interferência (PTPI), período anterior à interferência (PAI) e período crítico de prevenção à interferência (PCPI), os quais, segundo Pitelli (1985), refletem a adequação das condições de implantação e manejo das culturas.

O PTPI é aquele, a partir da semeadura, da emergência ou do transplantio, em que a cultura deve crescer livre da presença de plantas daninhas, a fim de que sua produtividade não seja alterada significativamente. As espécies daninhas que se instalarem após esse período não interferirão de maneira a reduzir significativamente a produtividade da planta cultivada. Após o término desse período, a cultura apresenta capacidade de controlar as plantas daninhas em função da cobertura do solo, abafando essas espécies. Sua extensão depende de inúmeros fatores que afetam o balanço cultura - planta daninha (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

O PAI refere-se basicamente ao período de tempo que ocorre no início do ciclo de desenvolvimento da cultura, quando esta e a comunidade infestante podem conviver por um determinado período sem que ocorram efeitos danosos sobre a produtividade da cultura. Durante essa fase, o meio é capaz de fornecer as quantidades de fatores de crescimento necessárias para o crescimento da cultura e das espécies daninhas. Nesse período, não há necessidade de adoção de práticas de controle de plantas daninhas. Em termos teóricos, o final dessa fase corresponderia à melhor época para o início da adoção de práticas de controle de espécies infestantes (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

O terceiro período, denominado de período crítico de prevenção da interferência (PCPI), corresponde à diferença entre o PAI e o PTPI, sendo a fase em que as práticas de controle deveriam ser efetivamente adotadas para prevenir perdas na produtividade das culturas (EVANS et al., 2003).

O conhecimento do PCPI determina a época conveniente para execução das práticas de controle, quer sejam elas mecânicas ou químicas. Com esse objetivo, alguns autores têm procurado avaliar o período de interferência entre a cultura e as plantas daninhas que ocasiona as maiores perdas de produtividade.

No caso do tomateiro, diversos trabalhos avaliaram os períodos de interferência das plantas daninhas. Para essa cultura, o primeiro ponto a ser considerado é o método de implantação. Quando a cultura é estabelecida por meio de semeadura direta, Campeglia (1991) estabeleceram o PCPI dos 0 aos 60 dias após a emergência. Nos trabalhos conduzidos por Weaver (1984) e Weaver e Tan (1987), foi encontrado um PCPI entre 35 e 63 dias após a emergência. Quando a cultura é estabelecida por meio do transplantio de mudas, Nascente, Pereira e Medeiros (2004) determinaram um PCPI de 33 a 76 dias após o transplantio (DAT),em uma área experimental cuja infestação era composta principalmente por *Bidens pilosa*, *Brachiaria plantaginea*, *Nicandra physaloides* e *Oxalis oxyptera.* Trabalhos conduzidos por outros pesquisadores indicam períodos semelhantes para o PCPI: de 28 a 42 DAT (FRIESEN, 1979); de 28 a 35 DAT (SAJJAPONGSE; SELLECK; ROAN, 1983; WEAVER; TAN, 1987; WEAVER, 1984); de 20 a 60 DAT (QASEM, 1992); de 26 a 46 DAT (HERNANDEZ, 2004).

Em geral, observa-se, pelos trabalhos de interferência em tomate, que, ao ser estabelecida por semeadura direta, os resultados de PCPI encontrados foram dos extremos 0 a 97 dias, enquanto no estabelecimento da cultura por meio de mudas, os valores de PCPI extremos foram de 20 a 76 dias pós-transplante. Nesse sentido, é possível afirmar que uma grande ferramenta no manejo de plantas daninhas é o estabelecimento da cultura por meio de mudas, garantindo ao tomateiro vantagem competitiva em relação às invasoras, desde que a cultura seja implantada no limpo. Por outro lado, quando é realizada a semeadura direta no campo, a interferência se estabelece muito cedo dentro do ciclo da cultura, o que requer a implementação de medidas precoces de controle.

Para a cultura da melancia, poucos são os resultados de pesquisa evidenciando os prejuízos causados pelas plantas daninhas para diferentes regiões produtoras do Brasil (MACIEL et al., 2008). A literatura menciona a necessidade de controlar-se a infestação de plantas daninhas desde o início do seu desenvolvimento até o fechamento das ramificações da cultura (BLANCO et al., 1997; MOTOIKE; SALOMÃO; SIQUEIRA, 1998; ANDRADE JÚNIOR, 1998; FILGUEIRA, 2000).

Medeiros et al. (2000) e Maciel, Constantin e Goto (2002) relataram reduções de produtividade da melancieira submetida à competição durante todo o ciclo de 95% e de 36%, respectivamente, para infestação mistade plantas daninhas e infestação apenas da espécie *Digitaria horizontalis*, respectivamente.

Terry et al. (1997) observaram que a presença de 6 plantas.m^{-2} de *Amaranthus hybridus* foi suficiente para reduzir o rendimento em 100%. O PCPI na cultura da melancia foi de 3 a 21 dias após a emergência. Buker et al. (2003) demonstraram que uma infestação de 2 plantas.m^{-2} de *Cyperus esculentus* reduziu o rendimento da melancia em 10%, ao passo que a infestação de 40 plantas.m^{-2}reduziu o rendimento em 80% em melancia com semeadura direta. Monks e Schultheis (1998) detectaram que, na cultura da melancia triploide transplantada, a infestação de 250 plantas.m^{-2} de *Digitaria sanguinalis* reduziu o rendimento em 90%. O PCPI determinado pelos autores foi de 0 a 42 dias após o transplante.

Maciel et al. (2008), em trabalho realizado com semeadura direta, no espaçamento de 1,5 x 3,0m em Paraguaçu Paulista - SP, determinaram um PCPI de 9 a 13 dias após a emergência da cultura, para uma infestação predominante de guanxumas (*Sida* spp.), braquiária (*Brachiaria humidicola*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*) ebeldroega (*Portulaca oleracea*).

Os resultados indicam que a cultura da melancia possui baixa habilidade competitiva em relação às plantas daninhas e que a interferência se estabelece no início do ciclo da cultura, tanto em semeadura direta quanto sob transplantio.

Outras cucurbitáceas também já tiveram sua capacidade competitiva com as plantas daninhas estimadas em diferentes trabalhos.

O pepino (*Cucumis sativus*) competindo com uma população de plantas daninhas constituída por *Chenopodium album* e *Cenchrus longispinus* necessita de um período livre de interferência compreendido entre 12 e 36 dias após a semeadura (FRIESEN, 1978) para que a produtividade não seja comprometida.

A planta daninha *Elytrigia repens* interfere na cultura da abóbora italiana (*Cucurbita pepo*) entre 28 e 42 dias após a emergência (MALLETE; ASHLEY, 1988).

Nerson (1989), estudando a competição entre duas espécies de *Amaranthus* e a cultura do melão (*Cucumis melo* var. *reticulatus*), observou que esta deve permanecer livre de interferência entre 28 e 42 dias, após a emergência, para nãoocorrer redução no rendimento e na qualidade do produto. Segundo Terrye e Stall (1992), o PCPI tem início aos 21 dias após a semeadura quando a cultura do melão está em convivência com *A. hybridus*. Ainda estudando a interferência de *A. hybridus*, Terry et al. (1997) determinaram que o PCPI está compreendido entre 7 e 27 dias após a emergência do melão, aceitando uma perda de 10% no rendimento.

De acordo com Tomaz (2008) e Teófilo et al. (2012), na cultura do melão, quando não controladas, as plantas infestantes podem proporcionar perdas de até 100% na produtividade de frutos comercializáveis, dependendo do grau de infestação.

De modo geral, as plantas daninhas podem afetar a produtividade do tomateiro e das cucurbitáceas desde períodos muito precoces, logo após a emergência ou o transplantio das mudas. Outro aspecto importante que ainda não se discutiu nos trabalhos de interferência em hortaliças-fruto são os prejuízos que podem ser causados à qualidade da produção.

3 Manejo integrado de plantas daninhas

O manejo de plantas daninhas em hortaliças apresenta algumas diferenças se comparado ao de grandes culturas. As hortaliças, de forma geral, são cultivadas em pequena escala, mas há casos em que o cultivo ocorre em escala com o emprego de irrigação (pivô central e/ou gotejamento), como é o caso do tomate para processamento industrial e da melancia. Nesse caso, há grande aporte de capital e, consequentemente, de tecnologia. Nas pequenas propriedades de produção de hortaliças, o manejo de plantas daninhas é basicamente realizado por meio de trabalho braçal (capinas e arranque manual) e/ou mecanizado (cultivadores), pois se carece de recursos financeiros, e a mão de obra é basicamente familiar (CAVALIERI; MACIEL, 2013).

Constata-se que os herbicidas não são a solução final para as plantas daninhas e que os demais métodos de manejo apresentam eficiência que deve ser resgatada e utilizada. A diversificação dos métodos de controle utilizados em uma cultura implica maior eficiência e, também, maior economia. Para Pitelli (1990), a meta primária de qualquer sistema de manejo de plantas daninhas é a manutenção de um ambiente o mais inóspito possível ao mato, por meio do emprego específico ou combinado de métodos biológicos, culturais, mecânicos e químicos.

O mais importante componente no manejo das infestantes é a própria cultura, ou seja, a cultura é o principal método de controle das plantas daninhas. Uma cultura bem implantada, sadia e vigorosa possui alto poder de competição, dificultando sobremaneira o surgimento e o desenvolvimento das invasoras, visto que estas têm dificuldade em se instalar e em competir em culturas que já estejam ocupando um determinado ambiente. Assim, os métodos de manejo visam apenas propiciar uma vantagem para a cultura no início do seu desenvolvimento, pois, após essa fase inicial, a própria cultura é capaz de controlar o mato por si só, principalmente por meio do sombreamento, ganhando o processo competitivo e reduzindo o potencial reprodutivo das plantas daninhas (CONSTANTIN, 2011).

Conclui-se, então, que a integração dos métodos é primordial e que a cultura é decisiva no funcionamento desses métodos e, ainda, que um sistema de manejo deve visar não apenas à eliminação da interferência das plantas daninhas sobre a produção da cultura implantada, mas, também, à diminuição da produção de propágulos para que haja uma redução gradativa nas infestações sobre as futuras explorações agrícolas.

3.1 Prevenção

A prevenção é um conjunto de medidas e de métodos que impede a introdução e a disseminação de plantas daninhas em locais onde elas não existam ou a partir de um foco inicial dentro da propriedade agrícola (Figura 1A). Mesmo que já exista uma determinada espécie de planta daninha dentro de uma área, é possível utilizar medidas preventivas para impedir a entrada de novos propágulos e, com isso, reduzir o potencial de infestação. Também se devem isolar focos inicias de novas plantas daninhas que porventura ocorram na área explorada, evitando o seu alastramento pela propriedade.

A limpeza de máquinas, de equipamentos, de pessoas e de animais que entrarem em uma área é uma importante medida preventiva, pois todos esses agentes podem trazer consigo propágulos de plantas daninhas (Figura 1B). Observa-se, muitas vezes, que máquinas e equipamentos utilizados em áreas infestadas não passam por nenhum processo de limpeza antes de irem para outra parte da propriedade ou para outras regiões, causando, assim, a disseminação de plantas daninhas. O tempo não utilizado na limpeza do maquinário irá resultar, no futuro, em tempo e custos ainda maiores para o controle, pois serão introduzidas grandes quantidades de propágulos de plantas daninhas onde antes eles não existiam. Pessoas podem transportar disseminulos em suas roupas e sapatos, assim como animais podem transportá-los em seu corpo, devendo também passar por um processo de limpeza para não serem agentes de disseminação (CONSTANTIN, 2011).

Figura 1A - Foco inicial de *Cyperus rotundus.*
Fonte: Os autores.

Figura 1B - Rotoencanterador após o uso, infestado de propágulos de plantas daninhas.
Fonte: Os autores.

Áreas vizinhas sem culturas, curvas de nível, estradas e carreadores devem passar por um processo constante de monitoramento para que sejam eliminadas as plantas daninhas que nelas por ventura venham a surgir, antes que os disseminulos venham a ser produzidos e se tornem uma fonte de contaminação das demais áreas. Esse cuidado se dá pelo fato de que determinadas sementes de plantas daninhas podem ser transportadas pelo vento. O uso de quebra-ventos pode ser uma barreira a esse tipo de propagação, retendo boa parte dessas sementes. Nesse caso, mesmo que ocorra a introdução de uma espécie daninha, a dispersão dela acaba limitada pelo quebra-vento, o que, posteriormente, pode facilitar o controle, uma vez que a emergência ocorre em uma área mais restrita.

A adubação orgânica deve receber especial atenção, visto que é necessário que o material esteja completamente fermentado para que a maior parte dos propágulos perca sua viabilidade, pela ação da temperatura e de microrganismos. A passagem de sementes de plantas daninhas pelo trato intestinal dos animais não garante que elas percam sua viabilidade.

Uma medida bastante importante é a utilização de sementes produzidas por produtores idôneos e que estejam isentas de propágulos das infestantes, sendo preferencial o uso de sementes certificadas. Com relação à aquisição de mudas, devem-se adotar os mesmos cuidados citados anteriormente para a aquisição de sementes, para que, no futuro, os problemas não prejudiquem ou até mesmo inviabilizem a exploração agrícola. Estão previstas, na legislação pertinente, normas para a produção e a comercialização de sementes e de mudas, sendo limitada ou proibida a presença de propágulos de certas plantas daninhas. É imprescindível dispor de um certificado ou atestado de garantia da qualidade do lote ou, ainda, de uma análise que mostre quais espécies de infestantes estão presentes em que quantidade, para que o técnico possa optar pelo melhor lote de sementes ou de mudas a ser adquirido.

3.2 Erradicação

Neste método, a planta daninha é totalmente eliminada da área por meio da remoção ou da destruição de suas sementes ou de qualquer outra forma de propagação como tubérculos, rizomas e bulbos. A infestante não ocorre mais na área a não ser que seja introduzida novamente.

No caso de remoção, o solo contaminado com determinada invasora deve ser totalmente removido do local e outro solo sem infestantes é reposto no local. Essa prática é extremamente onerosa e só é viável para pequenas áreas.

No caso de tratamento químico, atentar para a necessidade de registro junto aos órgãos competentes. Esses produtos promovem a desinfecção do solo e eliminam todos os propágulos das plantas daninhas. Devido à dificuldade e ao custo do processo, normalmente só é utilizado em pequenas áreas, como estufas e pequenas hortas, sendo também muito utilizado no tratamento de substratos para a produção de mudas em viveiros. Garante-se, dessa forma, que, nas áreas tratadas, não ocorra a presença de plantas daninhas, principalmente aquelas consideradas extremamente problemáticas e de difícil controle, como a tiririca (*Cyperus rotundus*) e o trevo (*Oxali* ssp.).

3.3 Medidas físicas

O calor provoca a coagulação do protoplasma em células das folhase do caule. O ponto térmico letal para a maioria das células vegetais é entre 45 °C e 55 °C, sendo as sementes mais tolerantes. Na planta atingida pelo fogo, também morre a parte superior do sistema radicular, devido à translocação de subprodutos tóxicos resultantes da termodegradação de componentes da parte aérea. O fogo destrói uma população existente, mas não é eficiente para prevenir a instalação de novas populações, podendo, inclusive, promover a quebra de dormência de uma série de sementes

de plantas daninhas. A utilização de queimadas é o principal meio de controle pelo fogo, mas, devido aos seus efeitos nocivos sobre o solo, o ambiente e a eliminação de animais, só em ocasiões muito particulares poderia ser recomendada.

A solarização é um método de desinfestação do solo que consiste na sua cobertura, com um plástico transparente, durante o período de maior radiação solar. A energia solar eleva a temperatura do solo, após a cobertura com o filme plástico transparente, em repetidos ciclos diários; porém, quanto maior a profundidade, menores temperaturas são atingidas. Por esse motivo, o plástico deve ser mantido por um período de tempo suficiente para que haja a inativação das estruturas localizadas nas camadas mais profundas do solo. Esse tempo é geralmente de quatro a seis semanas no campo; mas, em estufas, o tratamento pode ser por um período menor devido à presença do plástico de cobertura da estufa (GHINI, 2000).

A instalação do filme plástico em grandes áreas no campo pode ser feita por máquinas especialmente desenvolvidas para tal finalidade ou manualmente, em áreas menores ou em estufas. O terreno deve ser preparado de forma usual, isto é, por meio de aração e de gradagem. A fixação do filme plástico é feita enterrando-se as suas bordas em sulcos no solo. O plástico deve ser colocado após chuva ou irrigação, de forma que permaneça sobre o terreno sem a formação de bolsas de ar, cobrindo toda a área a ser tratada. Para o tratamento de canteiros, é recomendado que o plástico cubra vários canteiros de forma contínua, pois o aquecimento na borda do plástico (aproximadamente 40 cm) é menor que na área central (GHINI, 2000).

A principal característica do filme plástico utilizado é a transparência, que permite a passagem dos raios solares e promove, de forma eficiente, o efeito estufa e, assim, o maior aquecimento do solo. Os filmes pretos e de outras cores não são recomendados por não serem tão eficientes na elevação da temperatura do solo. A espessura do plástico tem influência sobre sua durabilidade e custo. Filmes mais espessos são mais caros, porém podem ser reaproveitados. Plásticos utilizados em estufas podem ser usados na solarização e apresentam, como vantagem, maior durabilidade que os plásticos sem aditivos (GHINI, 2000).

3.4 Choque elétrico

Um novo método físico está em estudos para a sua viabilização, que é a utilização de choque elétrico para o controle de plantas daninhas. Ainda há questões que demandam soluções, tais como o equipamento mais adequado para a utilização em nível de campo, a utilização de maneira seletiva nas culturas e, ainda, o método não apresenta efeito residual. No entanto, com pesquisas mais apuradas, essa modalidade de controle poderá ser uma interessante alternativa no manejo das invasoras, em determinadas áreas, pois se pode aliar eficiência a baixo custo no longo prazo.

A tecnologia de capina elétrica baseia-se no uso e na aplicação de descargas elétricas e/ou de eletro choques por equipamento específico. As taxas de repetição dos eletro choques variam em função do tamanho e da capacidade do gerador, assim como da superfície de descarga. As descargas elétricas não necessariamente necessitam tocar a superfície alvo, uma vez que o ar também pode ser um condutor elétrico. Por outro lado, o tratamento elétrico direto prevê fluxo contínuo de eletricidade, sendo necessários eletrodos para sua condução (DIPROSE; BENSON; WILLIS, 1984).

Entre os principais fatores positivos da tecnologia de capina elétrica, merecem destaque os seguintes: é eficiente no combate a plantas daninhas (*Conyza bonariensis*, *Commelina*s sp. e *Lolium multiflorum*) resistentes ou tolerantes ao herbicida glifosato (LANDERS; CHALLIOL, 2013); os choques elétricos não matam minhocas e formigas (LANDERS; CHALLIOL, 2013); há mecanismo de segurança contra choque (cinto) para o motorista do trator, porém outros métodos estão em desenvolvimento (LANDERS; CHALLIOL, 2013); não altera as condições do solo e não espalha sementes de plantas daninhas para outras regiões; a tecnologia pode ser aplicada em qualquer tipo de cultivo, inclusive orgânico; bom controle das plantas daninhas em linha (HARRIS, 2014);

não são deixados resíduos após a aplicação (DIPROSE et al., 1984); pode ser utilizado sob diversas condições climáticas (DIPROSE; BENSON; WILLIS, 1984).

Por sua vez, em relação aos fatores que precisam de aprimoramento com relação a essa técnica, a literatura sugere os seguintes: não é eficiente para a remoção de plantas daninhas perenes, velhas e lignificadas (LANDERS; CHALLIOL, 2013); não é um processo muito rápido (cerca de 0,7 ha/h) (LANDERS; CHALLIOL, 2013; HARRIS, 2014); há risco de incendiar plantas já secas que se encontram na região (palha); alto valor de compra do equipamento (LANDERS; CHALLIOL, 2013); em países como a Grã-Bretanha, uma das dificuldades em utilizar-se a capina elétrica é a emissão do selo de segurança do equipamento (devido à alta voltagem); para ser utilizado eficazmente, precisa de corredores relativamente largos (HARRIS, 2014); pode vir a destruir plantas do cultivo, uma vez que o método não faz distinção entre os tipos de plantas a serem atingidas (DIPROSE; BENSON; WILLIS, 1984); o consumo elétrico é alto e aumenta à medida que a concentração de plantas a serem exterminadas torna-se maior; requer mais uso de energia do que tratamentos químicos; é um processo mais lento do que o uso de herbicidas; requer múltiplas aplicações para que seja efetivo (VIGNEAULT; BENOIT; MCLAUGHLIN, 1990).

3.5 Medidas culturais

Medidas culturais ou agrícolas visam tanto a ajudar na eliminação de plantas daninhas quanto a aumentar o potencial competitivo da cultura, que, por sua vez, irá contribuir no controle das plantas daninhas. Novamente cabe frisar a importância da cultura em um sistema de manejo; qualquer prática que incremente o desenvolvimento e o poder de competição da cultura diminuirá substancialmente a interferência das plantas daninhas e, também, aumentará a eficiência dos diferentes métodos de controle utilizados. Entre outras, Constantin (2011) destaca as seguintes medidas decontrole cultural:

- Manejo de plantas daninhas na entressafra: o controle das plantas daninhas não pode se restringir apenas ao período em que as culturas estão implantadas, mas deve também ser realizado no intervalo entre cultivos. Impedindo-se que as plantas daninhas que surgem na entressafra produzam propágulos, garante-se um menor nível de infestação quando do próximo plantio das culturas e, com isso, a interferência será menor e o controle posterior facilitado.
- Rotação de culturas: visa modificar a população de plantas daninhas predominantes e propicia diversificação nos métodos de controle. Quando culturas diferentes são exploradas em uma mesma área, modifica-se a intensidade de competição e os efeitos alelopáticos a que as plantas daninhas estão submetidas. Abre-se, também, uma oportunidade de utilização de herbicidas com mecanismos de ação diferenciados, ou seja, pode-se fazer uma rotação também de herbicidas e de métodos de controle. Essa rotação de sistemas de manejo, propiciada pela rotação de culturas, dificulta muito o surgimento de uma planta daninha que venha a dominar o ambiente e ainda previne a seleção de espécies resistentes a determinados herbicidas.
- Escolha de cultivares: como a cultura é determinante no sucesso do controle de plantas daninhas, as cultivares a serem exploradas devem ser escolhidas segundo alguns critérios. As cultivares que se desenvolvem mais rapidamente e cobrem o solo de maneira mais intensa conseguem controlar melhor as plantas daninhas e sofrem menos com a interferência que eventualmente possa surgir; portanto devem ser eleitas aquelas cultivares mais adaptadas à região e que sejam mais agressivas em seu crescimento.
- Período de controle: deve ser efetuado não só visando à interferência das plantas daninhas sobre a produção da cultura, mas, se for necessário, o controle deve-se prolongar até a colheita. O controle até a colheita, muitas vezes, justifica-se nos casos em que, mesmo não ocorrendo perdas na produtividade e na qualidade da colheita após determinado período do ciclo, pode

ocorrer interferência na operação de colheita ou quando existe a possibilidade de propágulos que possam vir a se tornar problema no futuro.

- Cobertura morta: a palha da cultura anterior auxilia no controle das plantas daninhas, através dos efeitos físico e alelopático, e isso normalmente acontece em áreas onde o plantio direto é bem conduzido. Fisicamente, a cobertura atuará sobre a luz, a temperatura e a umidade, dificultando os processos de quebra de dormência e impedindo a germinação dos propágulos e, também, poderá funcionar como uma barreira mecânica à emergência das plântulas das infestantes anuais. Quimicamente, por meio da alelopatia, a cobertura pode liberar substâncias no meio que impeçam ou diminuam a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas. A cobertura morta deve ser escolhida, sempre que possível, de acordo com as plantas daninhas presentes nas áreas, pois, conforme a origem da cobertura, ela será mais efetiva sobre uma ou outra espécie de planta daninha.
- Adubação verde: pode ser usada em áreas que estão em pousio ou intercaladas em culturas semiperenes ou perenes. Dentre os diversos benefícios da cobertura verde, encontram-se o controle de plantas daninhas (pois o solo é mantido ocupado, dificultando a instalação das infestantes), evitar erosão, a reciclagem de nutrientes, a manutenção da umidade, a diminuição da temperatura do solo e pode ser uma fonte de renda. O adubo verde pode ser manejado, mecânica e/ou quimicamente, vindo a se tornar uma cobertura morta de modo a auxiliar no controle das plantas daninhas. Deve-se ter cuidado na utilização de cobertura verde de forma intercalar em outras culturas, pois a competição e a alelopatia podem trazer prejuízos que suplantem os benefícios que possam advir dessa prática, devendo a decisão ser tomada com base em sistemas de consórcio com sucesso devidamente comprovado.
- Espaçamento e densidade de plantio: quanto menor o espaçamento entre as linhas de plantio e maior a densidade de plantas da cultura em uma mesma linha, mais precoce e efetivo é o fechamento da cultura e, com isso, mais eficiente é o controle das plantas daninhas. No entanto, há um limite, que é o número máximo de plantas por unidade de área recomendado pela pesquisa para cada cultura. Ao extrapolar esse limite, haverá concorrência entre as plantas da própria cultura. Assim, pensando no controle de plantas daninhas, deve-se trabalhar no limite superior de número de plantas por área recomendado pela pesquisa para cada cultura e região.
- Preparo do solo: o preparo do solo por meio de arações e de gradagens é um método eficiente de controle das plantas daninhas antes do plantio ou do transplantio, porque promove a destruição e o enterrio das invasoras. Dessa forma, pode-se preparar o solo com antecedência e efetuar uma última gradagem leve antes do plantio, visando controlar a sementeira que houver emergido, o que resultaria na diminuição da infestação na cultura e evitaria trazer mais sementes viáveis para a superfície do solo. Pode-se utilizar a movimentação do solo, nas entressafras, para forçar a emergência das plantas daninhas e, posteriormente, promover seu controle, reduzindo o banco de sementes do solo. No entanto, tal medida deve ser criteriosamente avaliada antes de sua utilização, pois pode ocasionar efeitos de desestruturação, compactação e erosão pela excessiva movimentação do solo.
- Época de plantio: a realização do plantio na época mais adequada implica condições ótimas de temperatura, de luz e de precipitação para o desenvolvimento da cultura. Consequentemente, resulta em uma lavoura que fechará mais rapidamente e será mais competitiva com as plantas daninhas.
- Adubação e correção do solo: cultura nutrida adequadamente cobre o solo rapidamente; a adubação localizada na linha de plantio favorece mais a cultura do que a planta daninha. A correção do solo pode eliminar plantas daninhas mais adaptadas à condição de solos ácidos, como a samambaia (*Pteridium aquilinum*)e o capim-favorito (*Rhynchelytrum repens*).
- Controle de pragas e de doenças: o poder competitivo de uma cultura depende de sua sanidade. Por isso, em lavouras onde as pragas e as doenças são devidamente controladas, as plantas daninhas têm maior dificuldade para o seu estabelecimento e desenvolvimento.

3.6 Medidas mecânicas

- Controle manual: é feito por meio de arranquio manual das plantas daninhas. É um método muito eficiente, sendo, no entanto, caro, lento e de difícil execução. Pode ser utilizado em áreas pequenas ou com baixa infestação. A sua utilização em grandes áreas é possível, principalmente para plantas problemáticas, quando a dispersão e a frequência da planta daninha ainda são pequenas, evitando-se, assim, que essa nova planta daninha venha a ser um problema sério no futuro.
- Capina manual: é realizada com a utilização de enxadas. O uso de enxadas é viável para lavouras pequenas, contudo, havendo disponibilidade de recursos humanos, não deve ser descartado para utilização em áreas maiores. É um método normalmente de baixo rendimento e de custo elevado, mas, se utilizado na operação de catação ou de repasse, pode ser realizado com bastante eficiência. É um método que pode perfeitamente ser utilizado no sistema de plantio direto sem causar maiores problemas. A capina é importante nas bordas da lavoura, que propiciam às plantas daninhas maiores possibilidades de desenvolvimento, devido à livre incidência de luz lateral. Um homem gasta, em média, de oito a doze dias para capinar a área equivalente a um hectare, dependendo da infestação.
- Cultivo mecanizado com tração animal ou trator: em áreas de pequena a média extensão ou com declive acentuado, podem-se utilizar animais para tracionar os implementos; já em áreas maiores, normalmente é utilizado o trator. Em função de ser um método que revolve o solo, só é recomendado para áreas de plantio convencional. O cultivo mecânico é largamente utilizado nas culturas por apresentar as vantagens de economia (um dos métodos mais baratos), eficiência e rapidez, principalmente em grandes áreas e em condições de solo seco. As desvantagens incluem a não eliminação das plantas daninhas que estão nas linhas de plantio, os eventuais danos causados às raízes mais superficiais da cultura, a dispersão de propágulos para áreas não infestadas, a exposição do solo à erosão e, ainda, a formação de camadas adensadas no solo. Para pequenas áreas, é comum executar-se esse método, por ser econômico e eficiente. O rendimento médio do cultivo à tração animal é de meio a um homem/dia por hectare e a tração mecanizada tem um rendimento de 1,5 a 2,0 horas por hectare.

3.7 Controle Biológico

A supressão ou a estabilização de populações de plantas daninhas por meio do controle biológico baseia-se na utilização de determinados organismos que dependem dessas plantas para a sua sobrevivência. Os grupos de organismos mais estudados e utilizados como agentes de biocontrole são, principalmente, insetos fitófagos e fungos fitopatogênicos, e, em menor escala, bactérias e vírus fitopatogênicos, ácaros e peixes. O objetivo do controle biológico não é a erradicação de populações inteiras de plantas que ocorrem em determinadas áreas, mas sim a redução da sua densidade a níveis aceitáveis ou subeconômicos. O controle biológico, entretanto, possui algumas limitações e não tem sido possível implementá-lo com sucesso em todas as situações em que o controle de plantas daninhas é necessário. Esse método tem sido mais utilizado quando ocorre uma grande densidade ou predominância de uma espécie de planta daninha em uma determinada área ou região. Isso porque o controle biológico é muito seletivo, ou seja, os organismos utilizados como agentes de biocontrole são geralmente específicos para determinadas espécies de plantas e, portanto, não atuam contra um complexo florístico (TESSMANN, 2011).

A pesquisa na área de controle biológico de plantas daninhas no Brasil tem sido direcionada para busca, identificação e avaliação de patógenos e de insetos com potencial de utilização no controle biológico, principalmente de *Cyperus rotundus*, *Sena obtusifolia*, *Euphorbia heterophylla* e *Eichhornia crassipes* (YORINORI; GAZZIERO, 1990; FIGUEIREDO, 1995;

FONTES et al., 1995; POMELLA; BARRETO; REQUIA, 1998; PITELLI; CHARUDATTAN; DEVALERIO, 1998).

3.8 Medidas químicas

Consiste na utilização de produtos químicos denominados herbicidas, que, aplicados às plantas, interferem em seus processos bioquímicos e fisiológicos, podendo matar ou retardar significativamente o crescimento delas. Podem ser utilizados herbicidas seletivos ou não à cultura e que podem ser aplicados no manejo antes do plantio, em pré-plantio e incorporado (PPI), em pré-emergência (PRÉ) da cultura e das plantas daninhas e em pós-emergência (PÓS) da cultura e das plantas daninhas (CONSTANTIN, 2011).

Poucos herbicidas encontram-se registrados para a cultura do tomate, sendo que maioria desses apresenta efeito graminicida, restando poucas alternativas para controle de dicotiledôneas.

O metribuzin é o herbicida mais utilizado em plantios de tomate, sendo registrado para uso em aplicação tanto em pré-emergência em semeadura direta quanto em pós-transplantio, após as mudas terem recuperado a turgescência (cerca de 10 dias após o transplantio) (SILVA; SILVA, 2007). Esse herbicida é muito dependente das condições edafoclimáticas para seu bom funcionamento, sendo muito adsorvido em solos com alto teor de matéria orgânica e/ou argila. Quando o herbicida é aplicado na superfície do solo seco em que essa condição persiste por sete dias, é desativado por fotodegradação. Por isso, para uma ação efetiva, recomenda-se a aplicação de uma lâmina de irrigação 24 horas após a aplicação (CAVALIERI; MACIEL, 2013). O metribuzin é também facilmente lixiviado no solo, não sendo recomendado seu uso em solo arenoso e/ou com baixo teor de matéria orgânica (SILVA,1989).

O metribuzin controla diversas espécies de dicotiledôneas e algumas gramíneas,porém não controla satisfatoriamente o leiteiro (*E. heterophylla*) e a maria-pretinha (*S. americanum*), por exemplo, que têm sido selecionados nos campos de produção por causada aplicação repetida desse herbicida. Diante dessa situação, muitos produtores têm utilizado herbicidas não registrados para a cultura, que têm se mostrado eficazes no controle dessas espécies. Na região Centro-Oeste, por exemplo, tradicional na produção de tomate industrial, a mistura de tanque entre metribuzin, s-metolachlor e sulfentrazone, em pré-emergência, tem se revelado como alternativa, principalmente para o controle de maria-pretinha (*S. americanum*). Além disso, permite prevenir o aparecimento de plantas daninhas resistentes, em virtude do emprego de herbicidas com mecanismo de ação diferente do metribuzin (inibidor do fotossistema II). Não há, entretanto, informações quanto ao resíduo desses herbicidas não registrados nos frutos, fato que pode estar colocando em risco a saúde dos consumidores (CAVALIERI; MACIEL, 2013).

O flazasulfuron, inibidor da enzima acetolactatosintase, pertence ao grupo das sulfunilureias, apresenta seletividade ao tomateiro e controle eficiente de algumas plantas daninhas gramíneas e dicotiledôneas anuais e bianuais, quando aplicado em pré-emergência (KOGAN; FIGUEROA, 2002; CAVALIERI; MACIEL, 2013). Os herbicidas, apesar de registrados para uso em tomate, pouco são utilizados, seja pela dificuldade de obtenção, pela menor flexibilidade de aplicação, menor espectro de controle, ou pelo custo (CAVALIERI; MACIEL, 2013).

O trifluralin inibe o crescimento do sistema radicular das plantas. Esse produto afeta a divisão celular nos tecidos meristemáticos, inibindo a formação de novas células. A maioria das gramíneas anuais e algumas dicotiledôneas não emergem devido à inibição do crescimento do coleóptilo e do hipocótilo, respectivamente. Nas gramíneas, pode haver a formação de bulbos e o hipocótilo das dicotiledôneas pode ficar dilatado (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Por ser um produto volátil, sensível à luz e de solubilidade em água extremamente baixa, recomenda-se sua incorporação ao solo à profundidade de 5-10 cm, por meio de grade de arrasto ou de capinadeira de dentes, dentro de, no máximo, 8 horas após a aplicação. Uma

lâmina de irrigação deve ser aplicada em até sete dias após a aplicação para que o herbicida não seja inativado (CAVALIERI; MACIEL, 2013).

Os graminicidas clethodim, fluazifop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl apresentam excelente seletividade sobre a cultura do tomate, porém controlam exclusivamente gramíneas; para seu bom funcionamento, alguns aspectos devem ser levados em consideração: uso de adjuvante, condição climática (planta daninha não deve estar em período de estresse hídrico) e tamanho da planta daninha.

Para a família das Cucurbitáceas, poucos são os produtos cujo uso é permitido ou se tem relato de sua seletividade, restando as informações encontradas e utilizadas referentes ao uso de DCPA e de trifluralin nas culturas da abóbora e do pepino (SONNENBERG, 1985), o uso do DCPA na cultura do melão (RODRIGUES; ALMEIDA, 1988; DURIGAN, 1992; LORENZI, 1994), e pendimethalin e pendimethalin + linuron na cultura do melão transplantado (CANTAMUTTO; AYASTUY; ELISEI, 1996); porém não existem atualmente, no mercado brasileiro, produtos a base de DCPA.

Apesar da ausência de informações e/ou de recomendações, é bastante comum produtores de melancia lançarem mão, por experiências práticas, do uso de graminicidas.

Para a cultura da melancia, apenas o herbicida clethodim encontra-se registrado no Brasil para o controle químico de plantas daninhas (BRASIL, 2018). Esse herbicida caracteriza-se por ser um pós-emergente de ação sistêmica, altamente seletivo para a cultura, que, apesar de ser efetivo para a maioria das gramíneas anuais e perenes, apresenta pouca ou nenhuma atividade sobre espécies de plantas daninhas dicotiledôneas (folhas largas) e ciperáceas (CAVALIERI; MACIEL, 2013).

Em relação à cultura do melão, encontra-se registrado o herbicida Fenoxaprope-p-etílico, também um graminicida, de espectro similar ao clethodim, pós-emergente de ação sistêmica, altamente seletivo e que apresenta pouco ou nenhum efeito sobre dicotiledôneas e ciperáceas (BRASIL, 2018; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Outro produto que se encontra registrado para a cultura é a mistura formulada de carfentrazone+clomazone, com recomendação de uma aplicação em pré-emergência total visando ao controle de *Bidens pilosa* (BRASIL, 2018). Apesar de essa mistura ser uma excelente alternativa para manejo, os produtores ainda ficam reticentes quanto ao seu uso, pois uma sobredose desse produto pode causar injúria às plantas de meloeiro.

Quanto às demais cucurbitáceas, não há herbicidas registrados para uso, sendo que alguns produtores utilizam trifluralin em pré-emergência, em jato dirigido entre linhas, ou graminicidas em pós-emergência, em área total; porém seu uso é proibido, devido principalmente à contaminação por resíduo no produto final.

3.9 Danos por herbicidas

Uma das principais dificuldades que os produtores de olerícolas enfrentam são as injúrias provocadas por herbicidas, quando esses não são aplicados de maneira intencional em suas lavouras, o que normalmente ocorre por deriva ou por pulverizadores contaminados.

A deriva é toda a aplicação de defensivo agrícola que não atinge o local desejado, pode ocorrer por evaporação ou por deslocamento para outras áreas através do vento, o que gera danos econômicos e socioambientais, aumenta custos de produção e ocasiona deposição de defensivos agrícolas em lugares indesejados, prejudicando não apenas o meio ambiente, como também a população que reside próximo às lavouras (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os danos podem ser bastante variados de acordo com o produto e a dose que atinge a lavoura (Figura 2).

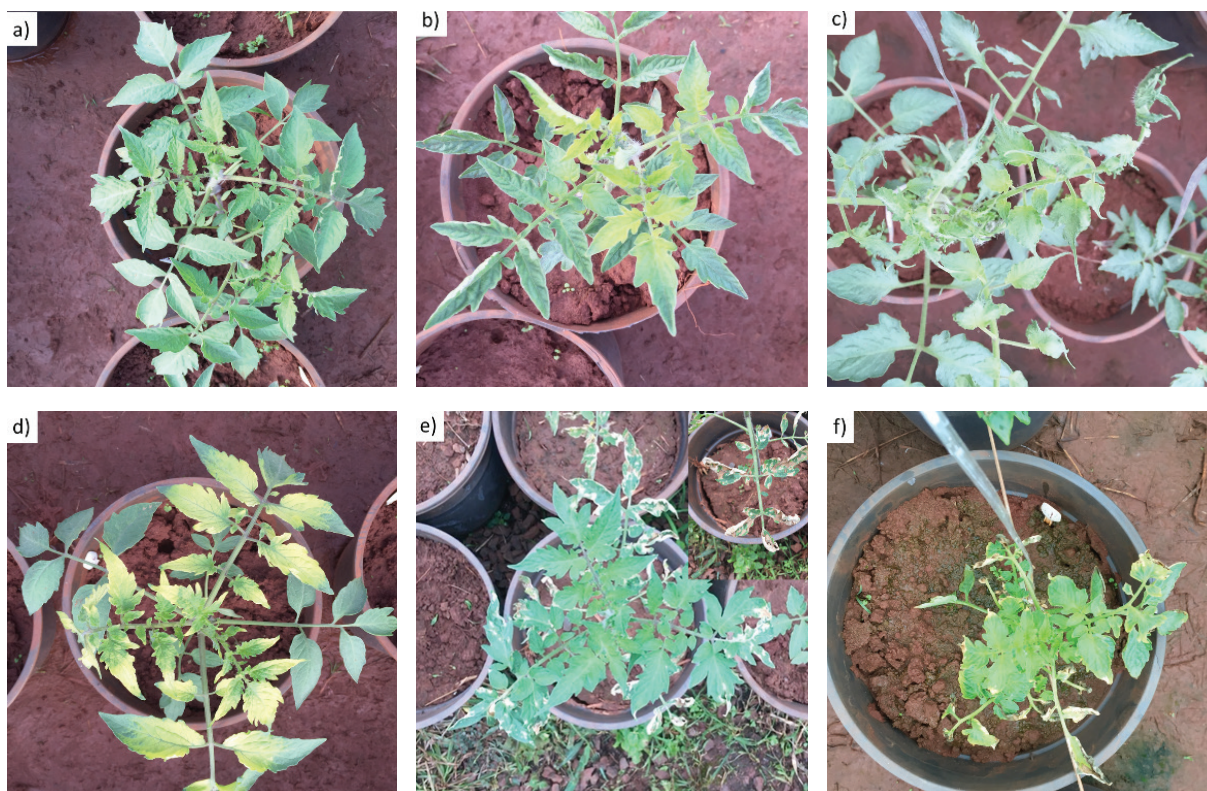



Figura 2 - Sintomas da deriva de herbicidas em plantas de tomate. a) Sem deriva de herbicidas; b) Glyphosate (400 g ha^{-1}); c) 2,4-D (10 g ha^{-1}); d) Clomazone (30 g ha^{-1}); e) Paraquat (160 g ha^{-1}); Atrazine (400 g ha^{-1}). Maringá-PR, 2017.

Fonte: Os autores.

Plantas daninhas em tomate ou cucurbitáceas devem obedecer a critérios rigorosos e constantes de manejo, visto que essas culturas sofrem interferência precoce que afeta drasticamente a produção, além de muitas invasoras serem hospedeiras de pragas e de doenças.O uso de controle químico por meio de herbicida é uma ferramenta disponível, porém com escassez de produtos, tendo poucas opções registradas.

4 Referências

ANDRADE JÚNIOR, A. S. **A cultura damelancia**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Teresina:Embrapa-CPAMN, 1998. (Coleção plantar, 34).

BAPTISTA, M. J. et al. Efeito da solarização e biofumigação na incidência da murcha bacteriana em tomateiro no campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 161-165, 2006.

BLANCO, M. C. S. G; GROPPO, G. A; TESSARIOLI NETO, J. Melancia (*Citrullus lanatus* Schrad). In: BLANCO, M. C. S.G. (Org). **Manual técnico das culturas**. 2 ed. Campinas: CATI, 1997. t. 2, p. 71-75.

BRASIL. Mistério da Agricultura, Pecuária e Abastecimeto. **AGROFIT**: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/ principal_agrofit_cons>. Acesso: 21 abr. 2018.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Org.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 1-36.

BUKER III, R. S. et al. Season long interference of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) with direct-see de dand transplanted watermelon (*Citrullus lanatus*). **Weed Technology**, Arkansas, v. 17, p. 751-754, 2003.

CAMPEGLIA, O. G. Sanidaddel cultivo: malezas. In: GALHARDO, G. et al. (Org.). **El cultivo de tomate para industria**. Cuyo: INTA, 1991. p. 62-72. (INTA. Agro de Cuyo. Manuales, 1).

CANTAMUTTO, A.; AYASTUY, M. E.; ELISEI, V. R. Evaluacion de herbicides de aplicaciontempranaenel cultivo de melon de transplante. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 26-32, 1996.

CAVALIERI, S. D.; MACIEL, C. D. G. Manejo de plantas daninhas em hortaliças: tomate industrial e melancia. In: COSTA, F. G. A. et al. (Org.). **Desafios, avanços e soluções no manejo de plantas daninhas**. Campina Grande: [s.n.], 2013. p. 103-114.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 1999.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Org.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 67-78.

DIAS, W. P. et al. Hospedabilidadede algumas ervas daninhas ao nematóide de cisto da soja. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 19, p. 9-14, 1995.

DIPROSE, M. F.; BENSON, F. A.; WILLIS, A. J. The effect of externally applied electrostatic fields, microwave radiation and electric currents on plants and other organisms, with special reference to weed control. **Botanical Review**, *Bronx*, v. 50, no. 2, p. 171-223, 1984.

DURIGAN, J. C. Controle de plantas daninhas nas principais culturas olerícolas: umbreliferas e cucurbitáceas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1., 1992, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciência Agronômica - UNESP, 1992. p. 157-186.

EVANS, S. P. et al. Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. **Weed Science**, Washington, D.C., v. 51, p. 408-417, 2003.

FIGUEIREDO, G., Herbicidas microbiológicos empregados no controle de plantas daninhas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 3, p. 111-132, 1995.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.Viçosa: UFV, 2000.

FONTES, E. G. et al. Current status of the biological control of weeds in Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS, 8., 1995, Melbourne. **Proceedings...** Australia: DSIR/CSIRO, 1995. p. 693.

FRIESEN, G. H. Weed interference in pickling cucumbers (*Cucumis sativus*). **Weed Science**, Washington, D.C., v. 26, p. 626-629, 1978.

______. Weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Weed Science**, Washington, D.C., v. 27, no. 1, p. 11-13, 1979.

GHINI, R. Solarização do solo para cultivo de hortaliças. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 3., 2000, Mogi das Cruzes.**Anais....** Mogi das Cruzes: Instituto Biológico, 2000. p. 23-27.

HARRIS, R. **Shock treatment for weeds that resist chemical control**. Disponível em: <http://www.fwi.co.uk/arable/shock-treatment-for-weeds-that-resist-chemical-control.htm.>.Acesso: 22 abr.2018.

HERNANDEZ, D. D. **Efeitos da densidade e dos períodos de convivência de *Solanumam aricanum* no crescimento e produtividade do tomateiro para processamento industrial**. 2004. 52 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Agronomia, UNESP, Jaboticabal, 2004.

KOGAN, M.; FIGUEROA, R. Persistencia de la actividad em el suelo de flazasulfuron aplicado despúés del transplante del tomate. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 29, n. 3, p. 137-143. 2002.

LANDERS, J.; CHALLIOL, M. Note on weed control for zero tillage organic soy beans in Brazil. **Agriculture for Development**, *United Kingdom, v.* 20, p. 39-40, 2013.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 4. ed. Nova Odessa: Plantarun, 1994.

______. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas,tóxicas e medicinais. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991.

MACIEL, C. D. G.; CONSTANTIN, J.; GOTO, R. Seletividade e eficiência agronômica de herbicidas no controle de capim-colchão na cultura da melancia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, p. 474-476, 2002.

______ et al. Interferência de plantas daninhas no cultivo da melancia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 107-111, 2008.

MALLET, J. Y.; ASHLEY, R. A. Determination of summers quash'stoleranceto weed interference: a critical period study. **Weed Science**, Washington, D.C., v. 42, p. 204-208, 1988.

MEDEIROS, R. D. et al. Controle deplantas daninhas na cultura da melancia Em Roraima. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 450-451, 2000.

MONKS, D. W; SCHULTHEIS, J. R. Critical weed-free period for large carbgrass (*Digitaria sanguinalis*) in transplanted watermelon (*Citrullus lanattus*). **Weed Science**, Washington, D.C., v. 46, p. 530-532, 1998.

MOTOIKE, S. Y.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L. **Cultura da melancieira**. Viçosa: UFV, 1998. (Boletim de extensão, 40).

NASCENTE, A. S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M. A. Interferência das plantas daninhas na cultura do tomate para processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 602-606, 2004.

NERSON, H. Weed competition in muskmelon and its effects on yield and quality. **Crop Protection**, Guildford, v. 8, p. 439-443,1989.

PITELLI, R. A. Biologia de plantas daninhas. In: SEMANA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS,10., 1990, Bandeirantes. **Anais...** Bandeirantes: Fundação Faculdade de Agronomia Luiz Meneghel, 1990. p. 58-100.

______. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, p. 11-16, 1985.

______ ; CHARUDATTAN, R.; DEVALERIO, J. T. Efect of *Alternaria cassiae, Pseodocercospora nigricans*, and soybean (*Glycine max*) planting density on the biological control of sicklepod (*Senna obtusifolia*). **Weed Technology**, Arkansas, v. 40, p. 12-37, 1998.

______; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência para plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS,15., 1984, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBHED, 1984. p. 37.

POMELLA, A. W. V.; BARRETO, R. W.; REQUIA, A. C. Estudo sobre a interação *Duosporium yamadanum* X C*yperus rotundus* (tiririca). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, supl., p. 391, 1998.

PUTNAM, A. R. Weed allelopathy. In: Duke, S. O. (Org.). **Weed physiology**. Boca Raton: CRC Press, 1987. p. 131-155.

QASEM, J. R. Pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Horticultural Science**, Bangalore , v. 67, no. 3, p. 421-427, 1992.

RICE, E. L. **Allelopathy**. New York: Academic Press, 1974.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 2. ed. Londrina: Benedito Noedi Rodrigues e Fernando Souza de Almeida, 1988.

______. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Ed. dos Autores, 2011.

SAJJAPONGSE, A.; SELLECK, G. W.; ROAN, Y. C. Weed control for Transplanted tomato. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 136, p. 65-72, 1983.

SILVA, A. A. **Bioatividade do alachor e do metribuzin sob diferentes manejos de água e efeitos do metribuzin, sob estas condições em soja**. 1989. 138 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 1989.

______; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007.

SONNENBERG, P. E. Cultura das cucurbitáceas. In: OLERICULTURA especial: 2ª parte. 3. ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1985. p. 108-149.

TEÓFILO, T. M. S. et al. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 547-556, 2012.

TERRY, E. R.; STALL, W. M. Smooth amaranth interference in muskmelon. **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, Madison, v. 105, p. 319-321,1992.

______ et al. *Smooth amaranth* interference with watermelon and muskmelon production. **Horticulture Science**, Madison, v. 32, p. 630-632, 1997.

TESSMANN, D. J. Controle biológico: aplicações na área de ciência das plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Org.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 79-94.

TOMAZ, H. V. Q. **Manejo de plantas daninhas, crescimento e produtividade do meloeiro em sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.

VIGNEAULT, C.; BENOIT, D. L.; MCLAUGHLIN, N. B. Energy aspect of weed electrocution. **Weed Science**, Washington, D.C., v. 5, p. 15-26,1990.

WEAVER, S. E. Critical period of weed interference in three vegetable crops in relationto management practices. **Weed Research**, Oxford, v. 24, p. 317-325, 1984.

______; TAN, C. S. Critical period of weed interference in field-seed a tomato and its relation to water stress and shading. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 67, p. 575-583, 1987.

YORINORI, J. T.; GAZZIERO, D. L. Control of milk weed (*Euphorbia heterophylla*) with *Helminthosporium* sp. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS, 7., 1990. Rome. **Proceedings...** Rome: USDAARS, 1990. p. 571-578.

Principais pragas de hortaliças-fruto nas famílias das Solanáceas, Cucurbitáceas e Fabáceas

Valdenir Catapan, Ana Cláudia Buzanini, José Maria Matias de Moura e Shalene da Silva Santos

1 Introdução

A horticultura é uma atividade agroeconômica realizada por micros, pequenas, médias e grandes propriedades, localizadas tanto no interior, quanto nas proximidades dos grandes centros e, nos últimos anos, nos centros urbanos. As hortaliças produzidas em campo aberto exigem investimento médio inicial alto, sendo grande parte desse investimento direcionado ao controle de pragas.

Na horticultura, as pragas encontram hospedeiros em abundância durante todo o ano, muitas vezes espécies da mesma família ou a mesma espécie sendo produzida em ciclos sucessivos como ocorre com a cultura do tomate, e essas, muitas vezes, em diferentes estádios fenológicos para que a continuidade da produção seja garantida durante o ano. A continuidade e a sucessão da cultura possibilitam a sobrevivência dos insetos-praga, gerando a necessidade de controle contínuo para que o ataque não cause prejuízos além do investimento.

Assim como em culturas como soja e milho, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é de fundamental importância para o controle de pragas na horticultura, pois trabalha com a integração de diferentes ferramentas de controle, tais como os produtos químicos, agentes biológicos e técnicas de controle cultural, com o objetivo de diminuir as chances de os insetos-praga se adaptarem a alguma prática defensiva em especial.

O MIP não visa eliminar os agentes (insetos-praga), mas sim reduzir sua população de modo a permitir que seus inimigos naturais permaneçam no local onde a cultura será implantada e assim restabelecer o equilíbrio dentro do possível.

Um inseto é considerado praga quando ele reduz a produção das culturas ao atacá-las; quando são transmissores de doenças (principalmente viroses) ou quando interferem na qualidade dos produtos agrícolas, inviabilizando sua comercialização. No sistema do MIP, a simples constatação da presença da praga na lavoura não corresponde ao início da aplicação de métodos de controle. Do ponto de vista do manejo integrado de pragas, esse inseto, ao se alimentar de uma planta cultivada, provoca nela uma injúria que é definida como qualquer alteração deletéria decorrente de sua ação. A planta injuriada perde produção, que pode ser quantificada monetariamente, recebendo o nome de Dano Econômico. A dúvida é saber quando esse dano se torna significativo e, para isso, foi criado o conceito de Nível de Dano Econômico (NDE), que é a densidade populacional de uma praga capaz de causar prejuízo de igual valor ao seu custo de controle.

A tomada de decisão de controle deve levar em consideração não só o Nível de Dano Econômico, mas também a densidade populacional dos inimigos naturais, o estádio em que as plantas se encontram e se as condições climáticas estão favoráveis ao desenvolvimento da praga.

Após a identificação, a quantificação da praga e os demais fatores citados acima, deve-se tomar a decisão de quais métodos de controle serão empregados. Dentre as técnicas de controle usual recomendadas do Manejo Integrado de Praga estão:

Uso de variedades resistentes – Algumas variedades de plantas foram melhoradas e desenvolveram mecanismos de defesa, tornando-se resistentes ou tolerantes, repelentes ou menos preferidas pelas pragas. As vantagens desta técnica incluem facilidade de uso, compatibilidade com outras táticas de controle de pragas e impacto cumulativo sobre a praga com mínimo impacto ambiental.

Controle através de práticas agrícolas – A adoção de certas práticas agrícolas torna o plantio menos favorável às infestações, como rotação de culturas com espécies diferentes, destruição de restos culturais, seleção de áreas de plantio com baixo histórico de ataque, plantio de culturas-armadilhas e ajuste do plantio e da colheita na época menos favorável às infestações.

Controle através do manejo da nutrição – Realizar adubação conforme a análise química do solo ou foliar e requerimento da cultura, evitando assim a deficiência ou o excesso de nutrientes, em especial o nitrogênio (N). O excesso de N geralmente proporciona maior conteúdo de aminoácidos livres e açúcares na planta, bem como a existência de tecidos mais tenros, favorecendo principalmente o ataque de insetos sugadores, tais como mosca-branca e pulgões. Esses aminoácidos e açúcares aceleram o desenvolvimento dos insetos e aumentam sua taxa reprodutiva, e têm como consequência o aumento da população e da intensidade de ataque.

Controle físico e mecânico – O uso de coberturas do solo entre as plantas é uma forma de mudar o campo visual dos insetos e causar repelência. No período diurno, a utilização de superfícies refletivas, como o uso de cobertura com filme plástico (mulching) e o uso de palha de arroz que refletem as radiações na faixa azul e ultravioleta, causa repelência a pulgões. Outras técnicas apropriadas incluem o uso de armadilhas plásticas com cores atrativas a espécie, fitas adesivas coloridas e armadilha luminosa com lâmpada fluorescente como forma de atrair insetos noturnos.

Biocontrole (ou controle biológico) – Entende-se como o uso de produtos químicos que ocorrem naturalmente ou de organismos benéficos para prevenir, reduzir ou erradicar a infestação de pragas e doenças nas plantas. No caso dos insetos-praga, busca-se atrair ou introduzir inimigos naturais da praga, os quais podem ser insetos, vírus, fungos ou bactérias, que atuam como predadores, parasitas e agentes patogênicos. A vantagem em utilizar o biocontrole está relacionada com a redução de acidentes ambientais e com a segurança pública. Por outro lado, as principais desvantagens estão relacionadas com a necessidade de um melhor planejamento na gestão do manejo da cultura, podendo levar mais tempo e, às vezes, os custos podem ser superiores ao uso de defensivos agrícolas químicos, requerendo um sistema de acompanhamento e treinamento.

Controle químico – Sob a ótica do MIP, somente quando as técnicas anteriores se mostraram ineficazes para controlar a infestação da praga, então o uso de defensivos agrícolas se torna justificável. Em muitas culturas, os inseticidas ainda são os principais meios de controle de pragas e apresentam suas vantagens: são relativamente baratos e fáceis de aplicar, de transportar e são versáteis, pois podem ser apresentados em diferentes formas, tais como pós, aerossóis, líquidos, granulados, iscas e de liberação lenta.

Dentre as três famílias consideradas neste capítulo, estão culturas de grande importância, como tomate representando as Solanáceas, pepino e melão representando as Cucurbitáceas e feijão-de-vagem dentro da família das Fabáceas. Entre essas culturas, há pragas em comum, como as pragas polífagas que são de grande importância devido aos danos diretos e indiretos.

Neste capítulo, inicialmente, serão descritas as pragas que atacam pelo menos duas dessas famílias e, posteriormente, pragas de importância econômica de cada família especificamente.

2 Pragas polífagas

2.1 Mosca-branca (Complexo *Bemisia tabaci*) - Hemiptera: Aleyrodidae

Mosca-branca é um inseto cosmopolita e amplamente distribuído no mundo, tem hábito sugador e de grande importância econômica em diversas culturas de famílias como Fabaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae e Solanaceae.

O complexo de espécies denominadas como mosca-branca compreende mais de 1.450 espécies descritas em todo o mundo, sendo a *Bemisia tabaci*a espécie mais popular devido à sua população elevada e, consequentemente, aos prejuízos causados, assim como em *Bemisia tabaci*, há biótipos ou raças, sendo o de maior importância como praga o biótipo B.

O biótipo B se tornou popular no Brasil após surtos no início da década de 90 no Estado de São Paulo, de onde rapidamente se espalhou pelas principais fronteiras agrícolas do país, o que acabou resultando no deslocamento do biótipo A, anteriormente presente nessas áreas.

Bemisia tabaci biótipo B apresenta uma taxa de reprodução cerca de 30% superior ao biótipo A, é mais tolerante ao frio; possui maior gama de hospedeiros, maior capacidade de excretar açúcares, também chamado de *honeydew*, maior capacidade de indução de anomalias fisiológicas através da transmissão de viroses, além de maior resistência aos inseticidas.

O ciclo biológico da mosca-branca é dividido em ovo, quatro ínstares ninfais e adultos. Os ovos possuem formato alongado, tamanho de 0,2 mm, com pedúnculo de cor branco-amarelado passando a marrom-escuro ao final do período de 5 a 8 dias. São postos na face abaxial das folhas mais jovens, com pilosidade moderada, para que fiquem protegidos dos ventos e dessecação. Eclodindo os ovos, as ninfas passam a sugar a folha, geralmente na face inferior, as quais, no primeiro ínstar, são móveis por alguns minutos, até localizar local adequado na planta para se fixar.

As ninfas do primeiro, do segundo e do terceiro ínstar são transparentes, de formato oval, medindo 0,3 mm, 0,4 mm e 0,5 mm, respectivamente, sendo que, a partir do segundo ínstar, são sésseis. O quarto ínstar é dividido em três fases. Inicialmente, a ninfa é achatada, translúcida, com apêndices rudimentares. Posteriormente, na segunda fase, torna-se opaca e cerosa, medindo aproximadamente 0,6 mm, e, na terceira e última fase, torna-se amarelo-esbranquiçada semelhante ao adulto.

Os adultos são insetos pequenos de 1 mm de comprimento, com quatro asas membranosas recobertas por uma pulverulência branca, sendo a fêmea ligeiramente maior que o macho, com capacidade de depositar de 100 a 300 ovos durante todo seu ciclo de vida, dependendo da alimentação e da temperatura.

O ciclo dura em temperaturas entre 25 ºC e 27 ºC, de 16 a 25 dias, de acordo com a planta hospedeira e com as condições ambientais, sendo em média oito dias para o período de incubação e de 12 a 21 dias para a fase ninfal. A temperatura ideal está na faixa de 25 ºC a 30 ºC.

Os danos diretos causados pela mosca-branca em tomate são devido à sua alimentação, na qual realiza a sucção da seiva e injeta substâncias tóxicas. Com isso, há redução no vigor das plantas atacadas, indução de anomalias fisiológicas, como a isoporização da polpa e de uniformidade da maturação dos frutos do tomateiro. Há também a excreção do chamado *honeydew* (melado) sobre as folhas, rico em açúcares que serve de substrato para o desenvolvimento do fungo fumagina (*Capnodium* spp., Capnodiaceae), capaz de afetar a fotossíntese, pois prejudica a capacidade de a luz solar atingir a superfície foliar.

Em cucurbitáceas como a melancia, essa praga, além dos danos pela excreção do *honeydew* e consequentemente formação da fumagina, em alta população, pode causar o amarelecimento de folhas mais velhas e o secamento das folhas em plantas jovens, levandoà morte das plantas.

Durante a alimentação, há a inoculação de toxinas que podem causar alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas.

Figura 1 - *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura do pepino.
Fonte: Os autores.

Em relação ao controle, a primeira ação a ser tomada é a compra de mudas sadias e vigorosas, com certificado de sanidade, produzidas em viveiros com estrutura necessária para que não ocorra a presença da praga até que essas mudas cheguem ao produtor.

Na área em que mudas serão transplantadas, deve-se atentar para que não haja plantas daninhas hospedeiras da mosca-branca,como amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*), fedegoso (*Senna obtusifolia*), guanxuma-rasteira (*Sida urens*), maria-pretinha (*Solanum americanum*), mentruz (*Lepidium virginicum*), perpétua-brava (*Gomphrena celosioides*) e poaia-do-cerrado (*Richardia scabra*); também devem-se eliminar restos culturais que permaneceram na área após o final da colheita para erradicar a população remanescente.

Para monitoramento e poder de decisão da entrada do controle químico, o uso de armadilha de cor amarela é recomendado antes do transplante e durante o cultivo. Antes do transplante,as armadilhas devem ser dispostas em torno da área de cultivo, e caso a presença de adultos seja constatada, a realização do controle deve ser feita logo após o fim do período de proteção do produto aplicado nas mudas. O controle após o período de transplante deve obedecer ao nível de dano econômico de 1 adulto por planta, devido à sua capacidade de transmissão de viroses.

Há muitos defensivos agrícolas registrados para o seu controle, entretanto o uso indiscriminado desses, em décadas passadas, colaborou para o desenvolvimento de resistência a diversos princípios ativos, como organofosforados, piretroides, hidrocarbonetos clorados. Portanto o uso das novas moléculas que vêm sendo registradas para o controle de mosca-branca deve ser realizado de maneira responsável e em adição a outras técnicas de manejo.

2.2 Tripes (Thysanoptera: Thripidae)

Já foram identificadas 6.018 espécies de tripes em diferentes regiões do mundo, divididos em 9 famílias, 8 pertencentes à subordem Terebrantia e uma família pertencente à subordem Tubulifera. A subordem Terebrantia é constituída por 2.400 espécies, sendo que a família Thripidae, pertencente à esta subordem, possui quase 2.100 espécies registradas. A subordem Tubulifera é composta por uma grande família, a Phlaeothripidae, a qual é constituída por 3.500 espécies descritas.

No Brasil, já foram identificadas 545 espécies de tripes, das quais em torno de 24 espécies são consideradas causadoras de danos de forma direta e/ou indireta para as diversas plantas cultivadas, sendo 22 dessas espécies da subordem Terebrantia; contudo não são todas as espécies que causam prejuízos econômicos para a agricultura.

Como acontece com os afídeos, as espécies de tripes consideradas pragas podem causar danos diretos e indiretos às culturas. Os danos diretos são decorrentes da alimentação das ninfas e dos adultos nos tecidos vegetais, causando o aparecimento de pontos prateados nas superfícies das folhas e das flores, como também o surgimento de estrias. Como resultado do ataque, as folhas apresentam alteração em sua consistência, ficando coriáceas e quebradiças e também podem causar o abortamento de flores. Nos frutos, o ataque pode causar abortamento, deformação ou ferimentos que alterarão a qualidade final. Indiretamente, os tripes causam grandes prejuízos, agindo como agentes vetores na transmissão de viroses em culturas de importância econômica na horticultura.

***Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910)**

Esta espécie apresenta diferentes cores, variando de marrom-claro a marrom-escuro; as fêmeas adultas medem em torno de 1,4 mm de comprimento e os machos cerca de 1,0 mm. As fêmeas ovopositam os seus ovos no interior do tecido epidérmico da folha. Em temperatura de 24,5 °C, esses adultos têm uma longevidade de aproximadamente 13 dias e o ciclo de vida para uma geração completa em cerca de 12,6 dias.

Os tripes apresentam reprodução sexuada e partenogênese, sendo que a metamorfose é incompleta com dois estágios larvais, um estágio de pré-pupa e outro de pupa, antes do estágio adulto. Nos dois primeiros ínstares larvais, essas se assemelham aos adultos na aparência, exceto pela ausência das asas, por apresentarem olhos pigmentados de vermelho e menor número de antenômeros. São caracteristicamente ativas, alimentando-se constantemente.

Seguem-se dois períodos em que não ocorre alimentação: na fase de pré-pupa e de pupa. O período de pré-pupa é de inatividade, embora seja capaz de andar se perturbada. As antenas são curtas, posicionadas para frente da cabeça e as tecas alares aparecem relativamente curtas. O período de pupa caracteriza-se pelas antenas posicionadas atrás da cabeça, para baixo, pelas tecas alares mais alongadas e pela total inatividade alimentar e de movimento.

***Thripspalmi* (Karny)**

Esta espécie está presente em diversos países, principalmente nos de clima tropical, com potencial de infestações elevadas em ambientes de cultivo protegido. Os adultos de *T. palmi* são de cor amarelo-claro ou esbranquiçado, apresentam uma linha preta na área de junção das asas. O tamanho varia de 0,8 mm a 1,0 mm de comprimento, sendo as fêmeas geralmente maiores que os machos, com uma longevidade de 10 a 30 dias contra 7 a 20 dias nos machos.

As fêmeas ovopositam no interior do tecido das folhas e a coloração dos ovos vão de incolores a uma cor esbranquiçada, em forma de grão de feijão. Em temperaturas de 15 °C, apresentam longevidade média de 16 dias, 7,5 dias em 26°C e 4,3 dias quando a temperatura chega a 32 °C. As larvas se assemelham aos adultos em relação à forma do corpo e à coloração, sendo a diferença entre as duas fases a presença de asas na fase adulta. As larvas alimentam-se junto aos adultos, especificamente nas nervuras das folhas, mas também podem estar próximas aos pontos de crescimento dos ramos, entre as pétalas, nos brotos em desenvolvimento e na superfície dos frutos.

Caliothrips phaseoli

Esta é uma espécie de tripes de grande importância na cultura do feijão-de-vagem, sendo observada também em cucurbitáceas como o pepino, principalmente em épocas de seca e baixa umidade relativa do ar. As plantas atacadas apresentam manchas prateadas no limbo e as bordas dobradas, voltadas para cima. Os folíolos atacados apresentam estrias e deformações, ocorrendo desfolha em alguns casos devido à necrose dos tecidos atacados.

O adulto de *Caliothrips phaseoli* vive por aproximadamente 15 dias emede cerca de 1,0 mm de comprimento. Apresenta coloração preta, com duas faixas brancas nas asas franjadas, as pernas são marrom-escuras com extremidades amarelas e, no estágio imaturo, são de coloração amarelada.

As fêmeas inserem os ovos nas folhas, nos pecíolos e no caule, e os ovos eclodem em cinco ou seis dias. A larva tem coloração branco-amarelada e, no primeiro ínstar, desenvolvem-se de um a dois dias. O segundo ínstar dura de quatro a cinco dias. A fase de pré-pupa e de pupa acontece no solo entre dois a quatro dias.

Figura 2 - *Caliothrips phaseoli* na cultura do feijão-de-vagem (esquerda) e na cultura do pepino ainda em fase de muda (direita).
Fonte: Os autores.

O controle cultural para os tripes é similar aos utilizados para o controle de pulgões, ou seja, deve-se priorizar a aquisição de mudas sadias de viveiros certificados, previamente protegidas do ataque de pragas, bem como procurar cultivares resistentes a principais viroses que estes podem transmitir. Em relação à área de cultivo, a eliminação de restos culturais e de plantas daninhas e o uso de quebra-ventos ao redor da área de cultivo são essenciais.

Para o monitoramento de adultos de tripes, é indicado o uso de armadilhas adesivas de coloração azul, posicionadas na altura do topo das plantas com auxílio de estacas. Caso não sejam implantadas as armadilhas, deve-se realizar, a cada dois ou três dias, a batedura dos ponteiros, que consiste em agitar vigorosamente as folhas da região superior das plantas em uma bandeja branca, onde, em cada ponto de amostragem, deve-se agitar uma planta e avaliar a quantidade de insetos presentes,

assim como a identificação. Para ambos os métodos, as observações devem ser realizadas nos primeiros 60 dias após o transplante das plantas.

O controle biológico pode ser realizado por meio de larvas de *Syrphidae*, de larvas de Crisopideos (bicho-lixeiro), de alguns coleópteros (joaninhas), de tripes predadores dos gêneros *Scolothrips* e *Franklinothrips* e de percevejos do gênero *Orius*. O controle biológico, para conseguir eficiência, deve ser realizado em baixas populações das pragas, associado a inseticidas seletivos.

Outra forma de controle é o químico, com uso de inseticidas. Existem alguns ingredientes ativos registrados, como Tiametoxam, Acetamiprido e Imidacloprido. Esses devem ser aplicados a partir do monitoramento e da constatação da praga e de sua identificação, assim como seu nível de controle.

2.3 Pulgões

Os pulgões são pragas polífagas, ou seja, atacam diversas famílias de plantas, entre elas Cucurbitaceae, Malvaceae, Solanaceae e Rutaceae, e estão presentes em regiões de clima tropical, subtropical e temperado. Esses afídeos podem causar danos diretos, como a extração de carboidratos e de aminoácidos do floema das plantas, e indiretamente podem transmitir mais de 100 espécies de vírus fitopatogênicos, responsáveis por grandes prejuízos na agricultura.

Pulgão verde – *Myzus persicae*

O pulgão verde é um afídeo de ampla distribuição mundial em hortícolas de importância econômica, sejam essas produzidas em campo ou em ambientes de cultivo protegido.

Os adultos desta espécie podem ser alados ou ápteros, sendo os alados caracterizados por um abdômen verde-amarelado, cabeça e tórax pretos e sifúnculos escurecidos no ápice, com tamanho de até 2,0 mm de comprimento. Essa forma é responsável pela disseminação de vírus na lavoura devido à sua alta mobilidade. Os pulgões adultos ápteros têm cerca de 2,0 mm de comprimento, cor amarelada ou esverdeada, podendo apresentar listras verdes mediais e laterais.

Os ovos de *Myzus persicae* tem 0,6 mm de comprimento e 0,3 mm de largura em um formato elíptico, sendo inicialmente amarelos ou verdes e, posteriormente, tornam-se pretos. As ninfas inicialmente apresentam coloração esverdeada, que evolui para amarelada, sendo muito parecidas com os adultos ápteros.

O seu ciclo de vida, em condições ideais, pode levar de 8 a 10 dias, o que contribui para uma população significativamente alta em poucos dias. Nessa espécie de pulgão, é comum não ocorrer a produção de ovos, pois as fêmeas dão origem a ninfas via partenogênese, podendo haver até 20 gerações. É conhecido que, a partir da oitava geração, ocorra a produção das fêmeas aladas em consequência da possível escassez de alimento, assim as fêmeas aladas podem migrar para outras plantas e dar origem a novas fêmeas ápteras em novos hospedeiros. Em países em que o inverno é rigoroso, com temperaturas abaixo de 4 °C, além das fêmeas aladas, também há a presença de machos. As fêmeas aladas produzem fêmeas ápteras em plantas hospedeiras que sobrevirão ao inverno, tais como repolho e batata, estas produzem feromônios que atrairão os machos que as fecundarão e assim haverá produção de ovos.

Pulgão-do-algodoeiro – *Aphis gossypi*

O pulgão *Aphis gossypi*, conhecido popularmente no Brasil como pulgão-do-algodoeiro ou pulgão-do-meloeiro, apresenta alta capacidade de reprodução, bem como alta gama de hospedeiros, o que favorece sua presença nas culturas de importância econômica, principalmente em áreas de cultivo contínuo.

A reprodução dessa espécie em regiões tropicais ocorre unicamente via partenogênese, ou seja, as fêmeas dão origem a novas fêmeas de maneira assexual. Sendo assim, a população é constituída

de ninfas e de fêmeas adultas ápteras vivíparas, não produzindo ovos, gerando diretamente as ninfas em número de 4 a 5 por dia em condições de 25°C – 27°C, com o ciclo de vida da espécie em média de 10 dias. Quando as condições climáticas deixam de ser ideais, há um aumento significativo da população, causando uma competição intraespecífica, e ocorre a produção de fêmeas aladas.

As fêmeas adultas ápteras têm tamanho de 0,9 mm a 1,8 mm de comprimento e apresentam policromismo, ou seja, a sua coloração é variável de verde-escuro ao amarelo-claro, conforme a sua fonte de alimentação, densidade populacional e temperatura do ambiente. A forma alada mede entre 1,1 mm e 1,8 mm de comprimento, cabeça e tórax preto e abdômen esverdeado. As ninfas variam de coloração de marrom-claro ao cinza, com cabeça e tórax mais escuros que o restante do corpo.

Figura 3 - *Aphis gossypi* na cultura do pepino.
Fonte: Os autores.

O controle de pulgões deve ser um conjunto entre controle cultural, químico e biológico. Inicialmente, deve-se realizar o controle cultural adquirindo sementes e/ou mudas certificadas, erradicar as plantas daninhas na área de cultivo, evitando assim hospedeiros alternativos aos pulgões, e evitar plantio de culturas hospedeiras próximo à área de cultivo.

Essa praga é favorecida pelo clima quente e seco, e ambientes de cultivo protegido podem apresentar altas populações em curto período de tempo.O monitoramento da presença da praga através de armadilhas ou batedura de ponteiros é essencial para um controle efetivo. As armadilhas utilizadas para monitorar população de pulgões podem ser cartolinas, lonas, plásticos ou etiquetas, de coloração amarela, untadas com óleo (vegetal ou mineral) ou cola entomológica, posicionadas na

altura das plantas. Em relação à batedura de ponteiros, utiliza-se a mesma técnica utilizada para determinar população de tripes.

O uso de controle químico para esses afídeos é indicado a partir do momento em que há constatação de um adulto por planta ou por armadilha, devido à sua capacidade de transmissão de viroses. A aplicação de inseticidas deve ser realizada de modo que se consiga atingir os pulgões na face abaxial das folhas, bem como nas áreas onde as folhas estão retorcidas e encarquilhadas devido às toxinas liberadas pelos pulgões. Portanto, pensando em um controle efetivo, o uso de inseticidas sistêmicos é o mais recomendado, pois, com a utilização de inseticidas de contato, há maior dificuldade de atingir esses insetos devido à sua localização.

2.4 Mosca-minadora – *Liriomyza* spp. (Guenee, 1854)

Estes insetos, pertencentes a família Agromyzidae, estão distribuídos em todo o mundo, desde o Norte da Groelândia até as ilhas subantárticas no Sul da Nova Zelândia. O gênero *Liriomyza* é composto por 376 espécies, e as moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* são mais comuns em áreas temperadas, com poucas espécies nos trópicos.

Dentre as cinco espécies consideradas polífagas, *Liriomyza bryoniae* e *Liriomyza strigata* são nativas da Europa, enquanto *Liriomyza trifolii*, *Liriomyza sativae* e *Liriomyza huidobrensis* são originárias das Américas. Estas três últimas espécies citadas têm causado muita preocupação atualmente, em razão de sua ampla polifagia e do aumento da sua ocorrência em novas áreas geográficas. Sabe-se que *L. Trifolii* está presente em 97 países, *L. huidobrensis* em 63 e *L. sativae* em 54 países.

O raio de dispersão natural de *L. trifolii*se estende dos estados no Nordeste dos Estados Unidos até o Golfo do México, sendo a Flórida (EUA) o centro de origem da praga.Na América do Sul, também há registros de *L. trifolii*na Guiana Francesa, na Guiana, no Peru, no Equador, no Chile, no Brasil e na Argentina.

No Brasil, estas três espécies (*L. huidobrensis* (Blanchard), *L. sativae* (Blanchard) e *L. trifolii* (Burgess) ocorrem naturalmente em quase todos os estados, atacando mais de 25 famílias de plantas.

As moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* são consideradas as de maior importância econômica do grupo. Uma grande diversidade de culturas, principalmente de oleráceas e plantas ornamentais, está associada à ocorrência desses dípteros, em campo e em cultivos protegidos. As plantas espontâneas são também hospedeiras comuns desses insetos-praga.

Os adultos de *Liriomyza* spp. são moscas de tamanho reduzido, com aproximadamente 2 mm de comprimento, de coloração escura, apresentando manchas amareladas no tórax e na face superior da cabeça. As asas utilizadas para o voo são transparentes e se dispersam durante o dia. As fêmeas podem viver cerca de 26 dias, nos quais chegam a depositar de 500 a 700 ovos. Elas ainda fazem dois tipos de puncturas com seu ovopositor nas folhas, onde um quinto são feitas para a ovoposição, enquanto o restante para alimentar-se do líquido extravasado.

O acasalamento ocorre 24 horas após a emergência dos adultos, nas primeiras horas da manhã; os machos e as fêmeas podem acasalar-se mais de uma vez, estratégia utilizada pela espécie para uma produção máxima de ovos. A postura dos ovos é realizada isolada e endofiticamente (no interior das folhas), e a postura pode ser feita tanto na face adaxial quanto abaxial das folhas. O período para o desenvolvimento do ovo para a fase de larva pode levar de 2 a 3 dias.

Logo após a eclosão dos ovos, as larvas iniciam sua alimentação e continuam até atingir seu completo desenvolvimento, correspondendo a fase larval a aproximadamente 5 dias, passando por 3 ínstares. Dependendo da espécie de *Liriomyza spp*., o local de alimentação pode diferir: *L. trifolli* tem preferência pelo mesofilo paliçádico; *L. huidobrensis*, pelo mesofilo esponjoso; *L. brasicae* pelo mesofilo paliçádico e esponjoso; assim como podem atacar outras estruturas das plantas, dependendo da disponibilidade de alimento.

A fase de pré-pupa pode ser verificada quando a larva para de se alimentar e elimina suas excreções. Ao sair da folha, inicia a fase de pupa no solo próximo ao caule, ou eventualmente na folha ou na sua base. Essa fase pode ser considerada a responsável por cerca de 50% do período entre ovo e adultos de *Liriomyza* spp., podendo chegar a 9 dias dependendo da temperatura.

O ciclo de vida total de *Liriomyza* spp., do ovo à fase adulta, pode variar de 12 a 51 dias, entre as temperaturas de 32°C e 15°C, respectivamente.

Figura 4 - Ataque de larva-minadora em feijão (esquerda) e em pepino (direita).
Fonte: Os autores.

É na fase larval que ocorrem os danos associados a essa praga. As larvas formam galerias (minas) irregulares, translúcidas de coloração amarelada nas folhas, destruindo o parênquima foliar, fazendo que a folha seque, reduzindo a capacidade fotossintética da planta, o que afeta diretamente a qualidade dos frutos. O sentido e a orientação das galerias são aleatórios, de forma irregular e, algumas vezes, apresentam ramificações. As minas atuam também como porta de entrada para patógenos, como fungos e bactérias, prejudicando ainda mais o desenvolvimento das plantas.

Inicialmente,o manejo dessa praga envolve o controle cultural. Esse tipo de controle busca transformar o ambiente agrícola e torná-lo impróprio ao desenvolvimento da praga, seja reduzindo seu potencial de colonização, promovendo sua dispersão ou dificultando sua reprodução e deve ser iniciado antes mesmo da instalação da cultura, observando-se o histórico de presença e ataque da praga na área. Dentre as práticas utilizadas, podemos citar a eliminação de restos culturais, a eliminação de plantas daninhas e hospedeiras, a rotação de culturas, a utilização de plantas-iscas ao redor da cultura (o plantio de girassol), o pousio (manter a área sem plantio por um determinado período) e o manejo nutricional das plantas.

A mosca-minadora tem vários predadores que ocorrem de maneira natural no campo, como os parasitoides dos gêneros *Diglyphus*, *Chrysocharis* e *Halticoptera*, e predadores de pupas, como as aranhas e as formigas. Desse modo, é de grande importância que toda medida de controle utilizada possa considerar a preservação desses inimigos naturais.

O controle químico é o método mais utilizado e considerado mais eficiente em altas infestações. Entre os inseticidas recomendados estão os dos grupos químicos piretroides, avermectinas e espinosinas, sendo estes os mais utilizados no controle de *Liriomyza* spp.

2.5 Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*)

A lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera; Noctuidae), é uma praga polífaga, atacando diversos hospedeiros, entre eles, diversas olerícolas, como as pertencentes às famílias retratadas neste capítulo.

Os danos causados por essa praga ocorrem quando ela se encontra no período larval, em que lagartas cortam as plantas rente ao solo, quando estas apresentam até 10 cm de altura. Os prejuízos se tornam maiores quando há hospedeiros alternativos na área, como outras culturas e/ou plantas daninhas, o que favorece o aumento da população no período anterior ao plantio da cultura.

Os adultos são mariposas que medem de 35 mm a 50 mm de envergadura, com asas anteriores marrons com algumas manchas pretas e asas posteriores semitransparentes. A diferença entre machos e fêmeas está nas antenas, sendo as antenas dos machos plumosas e das fêmeas filiformes. As fêmeas têm hábito noturno e, nesse período, realizam a postura dos ovos em rachaduras do solo, sobre plântulas e matéria orgânica no solo próximo à planta hospedeira. Cada fêmea tem capacidade de ovopositar cerca de 600 a 1.000 ovos.

Os ovos permanecem em fase de incubação por um período médio de 5 dias, apresentando coloração amarelo-esbranquiçados e, conforme se passam os dias, tornam-se mais escuros. As lagartas possuem coloração pardo-acizentada escura a marrom-escura, podem atingir de 45 mm a 50 mm. Apresentam a sutura epicranial na forma de Y invertido. As lagartas têm hábitos noturnos e, durante o dia, encontram-se na base da planta, protegidas sob torrões, ou a poucos centímetros de profundidade no solo, na posição de rosca, o que dificulta o controle nesta fase. A fase de lagarta dura em média 28 dias. A câmara pupal, de coloração marrom a preta, possui entre 17 mm a 25 mm de comprimento e é construída pelas lagartas no solo. A fase de pupa dura em torno de 15 dias.

Figura 5 - Ataque de lagarta-rosca.

Fonte: Os autores.

O controle consiste da união de diversos métodos integrados, preservando, ao máximo, o equilíbrio do ambiente. Inicialmente, indica-se realizar o bom preparo do solo e a eliminação das plantas hospedeiras. O ataque severo da lagarta-rosca está relacionado com a cultura anterior e com o histórico da área, bem como com a utilização de práticas culturais inadequadas. O manejo antecipado (rolagem com rolo-faca) das plantas de cobertura e das plantas infestantes é a forma mais promissora de controlar essa praga, pois evita que as lagartas permaneçam na área.

Em áreas com histórico de infestação severa, deve-se evitar o uso de cobertura morta, restos culturais e restos de capina no cultivo. Esses materiais oferecem abrigo às lagartas, protegendo-as de eventuais predadores e das medidas de controle adotadas.

Em relação ao controle químico, há algumas moléculas registradas para solanáceas, como Clorantraniliprole para a cultura do tomate e Clorpirifós para a batata.

2.6 Vaquinha – *Diabrotica speciosa*

Diabrotica speciosa é um coleóptero fitófago, com ocorrência em todo o Brasil e em alguns países da América do Sul. Tem grande importância para a agricultura pelo seu hábito polífago em culturas produtoras de alimentos com elevado valor econômico, como leguminosas, gramíneas, solanáceas e cucurbitáceas.

No caso das cucurbitáceas, assume grande importância econômica, por danificar as plantas desde sua germinação até a época de colheita dos frutos. Os adultos consomem as folhas da abóbora, da abobrinha, da moranga e da melancia, deixando orifícios típicos de seu ataque, além de atuarem como vetores de algumas viroses nessas culturas. As vaquinhas são as pragas mais importantes das cucurbitáceas e, quando atacam as plântulas, podem causar sua morte.

Dentre as razões para o ataque dessa praga sobre as cucurbitáceas, é que plantas desse gênero são caracterizadas pela biossíntese de um grupo de mais de 20 triterpenoides tetracíclicos oxigenados, as cucurbitacinas, extremamente amargas ao paladar e facilmente detectadas por espécies do gênero Diabrotica.

No feijão-de-vagem, os danos mais severos são causados pelos adultos, já que ocorrem quando as plantas iniciam a emissão de folhas primárias, fase caracterizada pela pequena disponibilidade foliar. Estima-se que o consumo foliar médio de *D. speciosa* é de 0,70 cm^2 por dia, podendo atingir 10,32 cm^2 até o final do estádio adulto. Mais de dois adultos por planta, na primeira semana após a emergência, causam perdas acima de 50% na produção, podendo causar a morte da planta.

A vaquinha, quando adulto, é um besouro de 5,5 mm a 7,3 mm de comprimento, geralmente de coloração verde e manchas amarelas, o que lhe confere o nome popular de brasileirinho. Os ovos têm formato ovoide, medindo em média de 0,74 mm a 0,36 mm, com cor variando de branco a amarelo pálido. A fase larval consiste em 3 ínstares, podendo atingir até 12 mm de comprimento e 1 mm de diâmetro, sendo seu formato vermiforme, com cabeça e extremidade do abdômen de coloração preta e restante do corpo esbranquiçado. A fase de pupa é caraterizada por sua coloração branca, formato oval e mede cerca de 6 mm.

A duração de cada fase de vida é diretamente influenciada pelo ambiente, apresentando condições ideais ou não a seu desenvolvimento, e também pela planta hospedeira, sendo as plantas de feijão um substrato que permite que essa praga produza até seis vezes mais ovos do que quando se alimenta de milho, por exemplo.

Figura 6 - Ataque de *Diabrotica speciosa* na cultura do feijão-vagem.
Fonte: Os autores.

Para ovopositar, a fêmea de *D. speciosa* prefere solos com alto teor de argila, matéria orgânica e umidade, o que confere maior índice de sobrevivência das larvas. Em relação ao período de incubação dos ovos, o fator de maior importância é a temperatura, sendo que Milanez e Parra (2000) observaram um período de incubação de 19,6 dias em temperatura média de 18°C e 5,7 dias em 32 °C. A temperatura interfere ainda na duração do período larval, que pode ser completo em até 18 dias sobre temperaturas médias de 25°C, e sobre a mesma temperatura, o período pupal tem duração de até 6 dias, seguido de um período de 3 a 5 dias de duração em que adultos recém-formados permanecem dentro da célula pupal para finalização da cutícula. O adulto da *D. speciosa* podem viver de 40 a 50 dias.

O controle de *D. speciosa* se dá principalmente através do controle químico com ingredientes ativos, como tiametoxam e imidacloprido, a partir do momento da constatação do início do ataque da praga na lavoura.

Em conjunto a esse método, podem-se utilizar armadilhas luminosas para o controle de adultos, como também uso de iscas atrativas utilizando partes de plantas das espécies *Lagenaria vulgaris* ou *Cerathosantes hilaria* com inseticidas.

3 Solanáceas

3.1 Ácaros

Ácaro-do-bronzeamento (***Aculops lycopersici* (Massee, 1973)**)

Esta espécie em especial tem como principais plantas hospedeiras as da família das solanáceas, como o tomate. Como resultado de sua alimentação (sucção de seiva), as folhas e a parte basal das hastes dos tomateiros apresentam bronzeamento de cor escura e aspecto oleoso (brilhante), que evolui para necrose, causando assim a queda das folhas, culminando em frutos não desenvolvidos e com tegumento áspero.

O ácaro-do-bronzeamento no tomateiro pode causar sérios prejuízos, principalmente quando seu ataque ocorre em plantas jovens, podendo chegar a 65% de perda em plantas recém-transplantadas. Essa praga ocorre em todo o ciclo da cultura, especialmente em temperaturas de em torno 27°C e umidade relativa de 30%. A sua dispersão é realizada principalmente pelo vento.

O ciclo de vida dessa espécie é dividido em três fases: ovo, larva com dois estádios ninfal e adulto, levando ao todo em torno de 6 dias para ser completado sob condições climáticas ideais. Os ovos possuem o tamanho de 0,02 mm, cor branca e formato arredondado e seu período de incubação leva de 2 a 3 dias. Ácaros têm dois estágios de ninfas, ninfa de primeiro estágio e ninfa de segundo estágio. No seu primeiro estágio ninfal, apresenta coloração branca transparente e mede cerca de 0,1 mm. Eles tendem a evoluir para o segundo estágio em um único dia, mantendo a mesma aparência.

As fêmeas adultas são o ínstar mais abundante e frequentemente encontrado em plantas sintomáticas. O corpo é fusiforme, de 0,15 mm a 0,2 mm de comprimento, de cor branco-leitosa. Possuem dois pares de pernas de coloração amarelo-alaranjada e estruturas distintas na forma de garra no terminal nos tarsos, chamados de garras de pena, com quatro pares de raios. Esses ácaros não são visíveis a olho nu, sendo assim necessária uma lupa de pelo menos 10 vezes de aumento.

Figura 7 - Ciclo biológico do Ácaro do Bronzeamento.
Fonte: Koppert Biological Systems (2018).

Ácaro-branco (***Polyphagotarsonemus latus***)

Os adultos do ácaro-branco apresentam coloração que varia de branca, âmbar ou verde-claro com tegumento brilhante. Há diferenças morfológicas entre machos e fêmeas: os machos medem

em torno de 0,14 mm de comprimento e 0,08 mm de largura, têm o quarto par de pernas muito avantajado, o que lhes permitem carregar a 'pupa' da fêmea, para que, no momento da emergência, a cópula seja garantida; já as fêmeas medem cerca de 0,17 mm de comprimento e 0,11 mm de largura. Eles também apresentam ciclos de vida diferentes quando pensamos em dias: os machos, em média, completam seu ciclo em 7 dias e as fêmeas em até 15 dias.

Os ovos são colocados isoladamente na face inferior das folhas novas, têm formato achatado com saliências superficiais e coloração branca. Estima-se que cada fêmea ovoposita até 48 ovos na face inferior das folhas.

Inicialmente, o ataque é concentrado nas folhas dos ponteiros, ocorrendo em reboleira, ficando as folhas com as bordas dos folíolos enrolados para cima, apresentando coloração verde-escura brilhante. Posteriormente, a face inferior do folíolo torna-se bronzeada, pela morte dos tecidos, e as folhas ficam ressecadas e quebradiças.

Ácaro-rajado (***Tetranhychus urticae)***

O ácaro rajado ocorre em vários países em diferentes regiões do mundo. Trata-se de uma multivoltino, ocorrendo ao longo de todo o ano, com maiores densidades nos períodos mais quente e secos em cultura de grande importância na olericultura, na fruticultura, na floricultura e em cultivos de fabáceas, como soja e feijão.

O adulto tem coloração esverdeada com duas manchas mais escuras no dorso, sendo uma de cada lado; as fêmeas medem cerca de 0,5 mm de comprimento e têm formato ovalado, e os machos em torno de 0,3 mm com a extremidade posterior do abdômen mais estreita. Cada fêmea coloca de 77 a 134 ovos, esféricos e de tonalidade amarelada.

As larvas são de coloração verde-clara e, com o decorrer do tempo, tornam-se verde-escuro. A fase larval passa por três ínstares e tem duração de cerca de oito dias. Os adultos e as ninfas escarificam o tecido vegetal e alimentam-se da seiva que é extravasada.

As larvas e os adultos vivem na face inferior das folhas, geralmente na parte mediana da planta, onde tecem teias nas quais realizam a postura dos ovos, fixam formas quiescentes e fezes, e também as usam para auxiliar na proteção contra predadores e dispersão entre plantas.

Controle

Os ácaros da espécie *Tetranhychus urticae* podem ser controlados biologicamente usando os ácaros predadores *Phytoseiulus persimilis* ou *Neoseiulus californicus*.

O ácaro *P. macropilis* é especialista quanto ao hábito de alimentar-se exclusivamente de ácaros pertencentes ao gênero *Tetranychus*. Os ácaros especialistas reproduzem-se mais rapidamente do que os generalistas quando a disponibilidade de alimento é elevada. Quando a densidade populacional do ácaro rajado é baixa, *P. macropilis* normalmente se dispersa para fora da área de cultivo em busca de grande quantidade de alimento.

Já o *N. californicus*, que *é uma espécie generalista, ap*esar de alimentar-se preferencialmente do ácaro rajado, na ausência desta presa, pode consumir outras fontes de alimentos, tais como pequenos insetos, outras espécies de ácaros fitófagos ou até mesmo pólen. Em altas populações de *T. urticae*, há formação de grande quantidade de teia, o que afeta a mobilidade dos ácaros *N. californicus*, prejudicando o controle biológico exercido por essa espécie.

Outros ácaros predadores incluem algumas espécies tolerantes a altas temperaturas ou a pesticidas. Por exemplo, o ácaro predador *Amblyseius californicus* é relatado para tolerar melhor as condições de seca, enquanto *Amblyseius fallacis* é resistente a alguns pesticidas. *Amblyseius andersoni* é outro ácaro predador que tem uma ampla tolerância climática.

Os fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* possuem um grande potencial como agentes para o controle de ácaros-praga, principalmente por serem facilmente produzidos em meios de cultura e sob condições de laboratório. No entanto, para que estes entomopatógenos sejam

eficientes no controle desses organismos, é necessário que estejam em condições de temperatura e umidade adequadas.

Para o controle químico, há diversos princípios ativos registrados, entretanto o uso de modo equivocado pode contribuir para o desenvolvimento de resistência dos ácaros a esses grupos químicos. Portanto, a partir da constatação da espécie presente na cultura, a aplicação deve obedecer a algumas indicações, tais como aplicação dirigida na face abaxial das folhas onde os ácaros costumam se localizar nas plantas, com pressão e bicos adequados para que os inseticidas de contato tenham maior cobertura e, no caso do ácaro-branco que tece teias, utilizar maior pressão para que o produto penetre nas teias.

3.2 Traça-do-Tomateiro (*Tuta absoluta*)

A traça-do-tomateiro pode ser encontrada nos principais países produtores de tomate da América Latina, ocorrendo durante todo o ano, principalmente no período mais seco. Conseguem sobreviver em plantas voluntárias de tomate e em solanáceas silvestres, como a maria-pretinha (*Solanum americanum*) ou o joá-bravo (*Solanum sisymbriifolium*).

A *Tuta absoluta* (traça-do-tomateiro) pertence à família Gelechiidae, considerada uma das maiores famílias de microlepdópteros e possui como sinonímias *Phthorimaea absoluta* (MEYRICK, 1917), *Gnorimoschema absoluta* (CLARKE, 1962), *Scrobipalpula absoluta* (POVOLNY, 1964) e *Scrobipalpuloides absoluta* (POVOLNY, 1987).

Em períodos de alta pluviosidade, a população dessa praga encontra-se reduzida, podendo virtualmente desaparecer. Plantações irrigadas por aspersão ou pivô central tendem a ter menores problemas e danos com essa praga, pois a irrigação por aspersão derruba ovos, larvas e pupas, limitando seu potencial de multiplicação. Sua disseminação ocorre através do vento e por frutos atacados contendo as larvas que são comercializados nos centros de distribuição.

Os adultos da traça-do-tomateiro são pequenas mariposas com aproximadamente 10 mm de envergadura e 6 mm de comprimento. Sua coloração pode variar entre cinza, marrom ou prateada. As mariposas de *Tuta absoluta* podem ser vistas ao amanhecer e ao entardecer, momento em que voam, acasalam e fazem a postura dos ovos. As fêmeas podem colocar de 55 a 130 ovos entre 3 a 7 dias.

A ovoposição pode ocorrer nas folhas, nas hastes, nas flores e nos frutos. Geralmente, os ovos são colocados individualmente nas folhas do terço superior da planta, tendo formato elíptico e coloração branca, tornando-se amarelos ou marrons quando próximos da eclosão.

Após a eclosão, que ocorre de três a cinco dias após a postura dos ovos, as larvas penetram imediatamente no parênquima foliar, nos frutos ou no ápice das hastes, pois possuem o hábito alimentar do tipo mastigador. O período larval passa por quatro ínstares e pode durar de oito a dez dias, quando se transformam em pupas. De coloração verde-clara a rosada, as larvas têm como característica uma placa protototorácica preta em forma de meia lua e podem medir de 6 mm a 9 mm de comprimento.

Suas pupas são verdes e passam para a cor marrom, e possuem aproximadamente 6 mm de comprimento. Em sua parte posterior, possui o cremáster com garras de pontas dobradas em forma de gancho, que tem a função de fixar a pupa a uma camada de seda esbranquiçada na planta (folha ou caule) e de facilitar o desprendimento da parte quitinosa, auxiliando assim a saída do inseto adulto. No solo, as larvas podem se esconder debaixo de folhas caídas ou de uma fina camada de terra após secretar substâncias serosas e formar um casulo para se abrigar. Seu ciclo pode durar de 7 a 10 dias.

O ciclo completo de *Tuta absoluta* no tomate pode durar de 26 a 30 dias, sendo a longevidade da fêmea de 10 a 15 dias, e do macho de 6 a 7 dias quando adultos.

Os danos são causados pelas larvas, que formam galerias irregulares e transparentes nas folhas para alimentarem-se no interior destas, aumentando em número até sofrerem forte desidratação, ficando necróticas e encarquilhadas.Também atacam as brotações apicais, o caule e os frutos, tornando-os impróprios para a comercialização. Nos locais de ataque, podem ser observadas fezes escuras. Por causa dos ferimentos ocasionados pelas larvas, as plantas podem ser infectadas por patógenos como fungos e bactérias. Quando o ataque é severo, as plantas têm sua capacidade de produção altamente reduzida, ocorrendo a queda dos frutos atacados e a maturação precoce dos frutos que permanecem na planta.

Figura 8 - Ataque de *Tuta absoluta* nas folhas (Esquerda) e frutos (direita) na cultura do tomate.
Fonte: Os autores.

As infestações da traça-do-tomateiro são observadas principalmente durante a fase de frutificação, pois as larvas, por permanecerem dentro dos frutos, não são atingidas pela aplicação de inseticidas, fato esse que facilita a emergência dos insetos adultos e uma nova infestação.

Para a traça-do-tomateiro, o controle cultural consiste na incorporação e na destruição de restos culturais visando interromper o ciclo biológico do inseto, assim como a produção de mudas sadias e a destruição de plantas hospedeiras tendem a auxiliar na redução de infestações.

O controle biológico de *Tuta absoluta* em tomateiro no Brasil teve seu início em meados de 1990, quando ocorreu um grave surto populacional da praga na região do Submédio São Francisco em 1989, como alternativa de controle que causasse um menor impacto ambiental.

Nas regiões produtoras de tomate onde é utilizado o controle biológico, o nível populacional de *Tuta absoluta* é relativamente baixo durante o desenvolvimento da cultura. No Brasil, podem ser encontradas doze espécies de parasitoides registrados, como os das famílias Bethylidae, Braconidae, Mymaridae e Trichogrammatidae, além de predadores como vespas, formigas, neurópto *Chrysoperla externa* (predador voraz de ovos e larvas da traça) e percevejos das famílias Reduviidae, Pentatomidae e Nabidae.

A maior parte do controle biológico se dá pela liberação semanal nas plantações do parasitoide *T. pretiosum* associada à aplicação do inseticida biológico contendo *Bacillus thuringiensis*. Para que ocorra a correta utilização de *T. pretiosum*, a liberação deste parasitoide deve ser realizada

preventivamente, ou seja, antes de ser verificada a presença da traça na área de produção. Assim, a liberação do parasitoide deve ocorrer entre 20 e 30 dias após o transplante e perdurar por, pelo menos, doze semanas. Outro ponto importante no controle biológico com relação ao inseticida é a seletividade à resistência, sendo recomendado que se faça a rotação com diferentes subespécies de *B. thuringiensis*, alternando com *B. aizawai.* Outros micro-organismos têm apresentado resultados satisfatórios no controle da traça-do-tomateiro, como os fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*.

Considerando a alta capacidade de reprodução da traça-do-tomateiro, o controle químico ainda é o método mais utilizado no Brasil.

A recomendação é a de que as pulverizações se iniciem tão logo a praga seja encontrada na área. Dessa maneira, a utilização de armadilhas compostas de feromônio ao redor da lavoura pode indicar o momento da chegada do inseto adulto e o momento exato para o início das aplicações.

Com diversos produtos no mercado, a técnica mais correta para o uso de inseticidas é a utilização de um produto por vez e a rotação dos inseticidas de grupos químicos diferentes. No programa de rotação de inseticidas, cada um deve ser utilizado por um período de 28 dias para cobrir aproximadamente uma geração da praga. Se faz necessária a aplicação de, no mínimo, 3 produtos diferentes com o propósito de que uma geração da praga não seja pulverizada com somente 2 produtos diferentes, pois no campo são encontrados todos os estágios do inseto, observando-se, ao mesmo tempo, ovos, larvas, pupas e insetos adultos.

A aplicação de inseticidas piretroides e organofosforados deve ocorrer, preferencialmente, nos períodos de menor atividade dos insetos adultos, garantindo assim que a resistência ocorrerá apenas no estádio larval da praga.

O inseticida à base de Abamectina é considerado o mais seletivo, apresentando um menor impacto sobre o parasitoide *Trichorgramma pretiosum*, podendo até 35% dos ovos da traça-do-tomateiro ser parasitados quando esse produto é aplicado.

3.3 Broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1984)) Lepdoptera: Crambidae

A broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis*) é uma mariposa nativa da região Neotropical e, na América do Sul, é uma importante praga das solanáceas, como *Solanum lycopersicum* (tomate), *Solanum melongena* (berinjela), *Solanum gilo* Raddi (jiló), *Capsicum annum* (pimentão), e de plantas daninhas, como *Solanum palinacathum* (juá grande), *Solanum reflexus* (juá pequeno) e *Solanum robustum* (jurubeba).

No Brasil, sua ocorrência foi relatada em 1922 no Ceará, em 1939 em São Paulo e, hoje, encontra-se disseminada em quase todas as regiões produtoras de tomate no Brasil.

N. elegantalis geralmente ocorre em elevadas infestações, podendo ocasionar mais de 90% de danos à produção pelas injúrias causadas nos frutos, pressionando o produtor a realizar até duas pulverizações por semana.

Figura 9 - Danos causados por *N. elegantalis* na cultura do tomate.
Fonte: Os autores.

N. elegantalis começa a causar danos à cultura quando as fêmeas fertilizadas depositam seus ovos sobre as flores, no pecíolo e nas sépalas, nos frutos verdes e em altas infestações sobre as folhas. Assim que os ovos eclodem, imediatamente as lagartas começam a raspar o epicarpo do fruto em aproximadamente 51 minutos e, em 23 minutos, finalizam sua entrada no interior do mesmo, lá permanecendo protegidas contra a ação de controle. Geralmente, os orifícios de entrada da larva localizam-se 40% na porção inferior do fruto e esse orifício se fecha, ficando uma lesão quase que imperceptível, a não ser por uma leve protuberância sentida por meio do tato. No interior do fruto, as lagartas alimentam-se do endocarpo (polpa), depreciando comercialmente o fruto.

Antes de iniciar a fase de pupa, a lagarta faz outro orifício no fruto para a sua saída, o qual se torna porta de entrada para microrganismos patogênicos, como fungos e bactérias.

Os adultos da broca-pequena efetuam suas atividades (alimentação, cópula e ovoposição), preferencialmente no período noturno.

As mariposas têm aproximadamente 25 milímetros de envergadura e possuem asas brancas e quase transparentes. As asas anteriores apresentam três manchas irregulares de coloração marrom e, no ápice, uma mancha de cor avermelhada na parte mediana. As asas posteriores apresentam pontos escuros e, no ápice, uma mancha de coloração preta fraca. O corpo e as antenas são pardo-esbranquiçadas.

As fêmeas de *N. elegantalis* apresentam abdômen volumoso com a parte posterior truncada, e os machos apresentam o abdômen delgado com a parte posterior aguda e recoberta por um penacho em forma de pincel.

O ovo apresenta coloração branco-leitoso quando recém-colocado, passando para amarelo-claro, alaranjado e avermelhado próximo à eclosão. Esses possuem formato achatado e são postos isolados ou agrupados. O comportamento de ovoposiçãoé caracterizado pela forma de

postura, com aproximadamente 2,9 ovos depositados preferencialmente na superfície das flores, no pecíolo e nas sépalas e nos frutos verdes. A fecundidade das fêmeas está diretamente relacionada à temperatura.

As lagartas recém-eclodidas medem de 11 a 13 milímetros de comprimento e permanecem na superfície dos frutos, raspando-os. Possuem coloração rosada e o primeiro segmento torácico amarelado. Após esse período, localizam o ponto de entrada, preferencialmente na porção mediana-inferior do fruto, e iniciam a alimentação no epicarpo. Ao término do período larval, cerca de 25 dias, abandonam os frutos através de orifícios de saída localizados em qualquer posição do fruto, passando a fase de pupa no solo, protegidos pelos restos culturais ou pelos detritos presentes próximos à planta.

Figura 10 - Fase larval de *N. elegantalis* dentro do fruto do tomateiro.
Fonte: Os autores.

O monitoramento é essencial para a tomada de decisão de quando e como controlar a praga.

O manejo de *Neoleucinodes elegantalis* deve ser implantado antes mesmo do transplantio das mudas, evitando-se o escalonamento de plantio e destruindo-se os restos culturais de plantas hospedeiras. Em cultivo protegido, o uso de telas evita a entrada do adulto. É recomendada a divisão da lavoura em talhões de um hectare, onde será feita inspeção de 60 plantas, em 12 pontos casualizados, duas vezes por semana. É recomendado avaliar visualmente as pencas nas plantas contendo frutos em fase inicial de desenvolvimento (diâmetro médio de 2,0 centímetros). Assim, tem-se a vantagem da facilidade de observação das posturas na superfície dos frutos para a constatação de ovos através das amostragens, sendo o nível de controle de 5% de pencas com ovos, permitindo a tomada de decisão de controle na fase inicial de maior suscetibilidade da praga.

Tratando-se de controle cultural para a broca-pequena, recomendam-se a realização da catação manual e a destruição dos frutos perfurados, a eliminação de solanáceas silvestres e a podadura

dos brotos terminais quando a planta apresentar de 7 a 8 pencas (55 dias aproximadamente, após o transplante). A utilização de espaçamento maior entre plantas em tomate estaqueado facilita as pulverizações, aumentando a eficiência do produto aplicado.

O controle biológico de *N. elegantalis* pode ser realizado com a utilização do uso de parasitoides do gênero *Trichogramma.* A libração inundativa de *Trichogramma pretiosum* em conjunto com amostragens duas vezes por semana é considerada uma medida de controle muito promissora. Por meio das amostragens, pode ser tomada a decisão de indicar ou não a associação de outras medidas de controle.

Os feromônios são substâncias químicas voláteis de ação intraespecífica, utilizados na comunicação dos insetos e podem ser classificados com o tipo de ação que provocam no indivíduo receptor da mensagem. Um dos mais conhecidos é o feromônio sexual, que a fêmea utiliza com o propósito de atrair o macho para dar início à reprodução. Na cultura do tomate, podem ser utilizados para determinar a migração de adultos de lepidópteros-praga.

A primeira evidência de que a praga pode estar presente na área produtora de tomate é a presença dos insetos adultos, fato que permite o estabelecimento das medidas de controle antes mesmo de ocorrer a penetração das lagartas nos frutos, impedindo assim os danos causados, favorecendo também a eficiência dos inseticidas.

Assim, para que a armadilha de feromônio seja adequada como um método seguro de amostragem da broca-pequena-do-fruto, é necessária a comparação com a infestação da praga nas plantas. Tal procedimento pode ser realizado fazendo-se uma correlação entre o número de insetos capturados e a infestação na planta para que, desse modo, as medidas de controle possam ser tomadas a fim de se evitarem ou reduzirem danos. Entretanto essa relação ainda não foi determinada cientificamente para definir uma medida de controle exata.

O controle químico é o método mais utilizado; mas, na maioria das vezes, é ineficaz contra a broca-pequena-do-tomateiro, devido ao comportamento da praga, cuja larva permanece a maior parte do seu ciclo no interior dos frutos.

Dentre alguns produtos químicos utilizados, encontramos os ingredientes ativos flubendiamida, ciantraniliprole, lambda-cialotrina, triflumuron, diflubenzuron. Para a utilização dos produtos, faz-se necessário o monitoramento prévio, como mencionado.

A associação dos controles biológico e químico tem sido considerada uma ferramenta altamente eficaz, desde que haja em conjunto o monitoramento. O controle químico seletivo tem como objetivo a preservação do parasitoide *Trichogramma pretiosum* (Hiley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), utilizado como controle biológico contra *N. elegantalis.*

3.4 Broca-grande-do-tomate (*Helicoverpa armigera*, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850))

Helicoverpa armigera ocorre geralmente como praga primária em toda a África, no Oriente Médio, no Sul da Europa, na Índia, na Ásia Central e no Sudeste asiático, no Leste e Norte da Austrália, na Nova Zelândia e em muitas ilhas do Pacífico Oriental.

Já *H. zea* ocorre tanto na América do Norte quanto na América do Sul, com populações permanentes na maioria das áreas entre a latitude 40 ° N e 40 ° S.

Essas espécies são altamente polífagas e atacam coletivamente uma ampla variedade de culturas, em destaque as que produzem fibras, óleo, forragem, bem como muitas culturas hortícolas e ornamentais. Em relação às áreas cultivadas, algodão, soja, tabaco e leguminosa são culturas de alto valor cuja maior parte das perdas no campo é de responsabilidade dessas lagartas.

O desenvolvimento bem-sucedido de *Helicoverpa* spp. ocorre em grandes áreas com culturas como milho, soja e algodão, como praga primária; mas as lagartas também se alimentam

de muitos vegetais importantes, como feijão-vagem, milho doce e tomate. Plantas daninhas também podem servir de hospedeiros para *Helicoverpa* spp. A habilidade de *Helicoverpa* spp. de utilizar uma ampla variedade de hospedeiros silvestres dificulta seu manejo na cultura do tomate, uma das culturas que, quando atacadas pela praga, perde seu valor comercial e econômico.

Estudos indicam que o adulto de *Helicoverpa spp*. é uma praga migratória, e migrações em massa podem ocorrer em uma única noite a longas distâncias, em uma altitude de até 900 metros e até por centenas de quilômetros. Tal fenômeno é explicado pela necessidade de alimentar-se, pela busca de parceiros para a reprodução ou pela procura de locais para a ovoposição.

Helicoverpa zea

O desenvolvimento da broca-grande é do tipo holometabólico e o ciclo biológico pode variar de 35 a 45 dias.

Os adultos medem de 20 a 25 milímetros de comprimento e chegam a 40 milímetros de envergadura. Possuem asas anteriores de coloração amarelo a parda, com uma faixa transversal mais escura, além de possuírem manchas escuras dispersas sobre as asas. As asas posteriores são mais claras, apresentando uma faixa nas bordas externas. Uma fêmea pode colocar cerca de 1.000 ovos por um período de vida que pode variar de 12 a 15 dias.

Os ovos medem aproximadamente 1 milímetro de diâmetro, apresenta coloração de branca a amarela, com saliências laterais e formato hemisférico, e quando estão próximos à eclosão, passam para uma coloração mais escura, provavelmente devido à cor da cápsula cefálica da lagarta que é quase preta. As posturas são feitas de forma isolada, em diversas partes da planta, e apresentam um período de incubação que pode variar de 3 a 5 dias.

O ciclo larval tem duração de 13 a 25 dias e, nesse período, passa por cinco ínstares. As lagartas apresentam cápsula cefálica marrom e corpo de coloração esbranquiçada a verde-escuro, com faixas longitudinais escuras e manchas pretas. Nos primeiros ínstares, as lagartas possuem um comprimento de 1 a 2 milímetros e, quando completamente desenvolvidas, no quinto ínstar, pode chegar a até 50 milímetros de comprimento.

Após o final do período larval, descem ao solo, próximo à planta, e tornam-se pupas, permanecendo no solo e/ou enterradas sob os restos culturais. Elas possuem coloração marrom brilhante e o período de pupa varia entre 13 a 15 dias.

Os danos causados nas solanáceas são inicialmente cicatrizes visualizadas na epiderme do fruto, quando as lagartas raspam para iniciar a penetração nos frutos. Outro sintoma característico pode ser observado quando se percebem perfurações grandes e irregulares na polpa, onde o dano é direto nos frutos, o qual fica impróprio para a comercialização. Também tanto *H. zea* quanto *H. armigera* causam danos ao alimentarem-se das folhas mais novas das plantas de tomate.

Helicoverpa armigera

Os ovos de *H. armigera* são brancos e, antes da eclosão, sua cor torna-se entre amarelada e acastanhada. Na temperatura ideal, a eclosão das larvas pode ocorrer em menos de 3 dias.

Nos primeiros ínstares, as lagartas possuem coloração verde-pálida; mas, nos últimos ínstares, podem ser de variadas cores (de verde-amarelado a castanho-escuro). Elas podem crescer até 40 milímetros de comprimento.

As lagartas podem passar por quatro ou cinco ínstares durante um período de três a quatro semanas. Caracterizam-se por serem alimentadoras vorazes, ocasionalmente carnívoras de outros insetos menores e, às vezes, até canibais. Alimentam-se de folhas, botões florais e flores, frutos e sementes.

Figura 11 - *Helicoverpa armigera* na cultura do tomate e dano causado nos frutos.
Fonte: Os autores.

Durante o ínstar final, as lagartas se dirigem para o solo na forma de pupa, geralmente próximo da planta, onde completam seu desenvolvimento. Cavam um túnel que tem aproximadamente 10 centímetros de profundidade e passam por fase de empupação. Nesse estágio, sofrem metamorfose e finalmente emergem como adultos.

Em temperaturas mais altas, a maturação das pupas pode levar até 16 dias e, quando as temperaturas caem, essas entram em diapausa e passam o período na forma de pupa, entretanto essas pupas não suportam geadas severas.

Nas condições ideais e favoráveis para *H. armigera*, seu ciclo de vida é concluído em menos de 30 dias. Nas regiões mais quentes, onde as temperaturas não chegam a graus negativos, não ocorre o diapausa, resultando em inúmeras gerações por temporadas, ou seja, a reprodução é contínua ao longo do ano.

Os insetos adultos são mais ativos à noite (noturnos). A envergadura dos adultos pode variar de 30 a 45 milímetros. Nas fêmeas, as asas anteriores são acastanhadas ou marrom-avermelhadas, enquanto nos machos elas são esverdeadas para amarelo ou castanho claro. As asas traseiras são geralmente mais claras, com uma faixa externa larga e escura.

Os adultos alimentam-se exclusivamente de néctar. As fêmeas, 4 dias após a sua emergência como mariposa, começam a liberar feromônios sexuais e o acasalamento ocorre. Fêmeas de *H. armigera* chegam a botar 3.000 mil ovos em um período de 5 dias. Os ovos são postos no escuro, isoladamente ou em cachos, distribuídos em todas as partes das plantas, incluindo nas flores e nos frutos e, por vezes, em hastes e pontos de crescimento. A longevidade dos adultos pode oscilar em 9 dias para os machos e em 11 dias para as fêmeas.

O manejo de *Helicoverpa* spp. deve ser baseado no monitoramento das plantas de tomate e de outras plantas em torno da plantação, por esta possuir muitos hospedeiros secundários.

As mariposas geralmente são atraídas pela cor amarela das flores do tomateiro, sendo nessa fase da cultura (florescimento) que as observações devem ser mais acentuadas; o monitoramento recomendado é de duas vezes na semana, principalmente em áreas próximas a plantios de milho.

Como parâmetro para a entrada de controle, tanto para *H. zea* como para *H. armigera*, é recomendada a observação de frutos danificados, com níveis de controle de 1%. No entanto, essa recomendação é válida para áreas de cultivo de variedades de tomate de mesa. No caso de cultivos de variedades que produzem frutos para a indústria, não existem níveis de controle recomendados.

Desse modo, a área poderá ser dividida em talhões e o monitoramento feito no terço superior das plantas, em pelo menos 20 pontos por talhão. Em cada ponto, o ideal é observar, na fase vegetativa, dez folhas completas, contando ovos e lagartas e, na fase reprodutiva, avaliar dez pencas de flores e/ou dez pencas de frutos, também cotando o número de ovos, lagartas e mais os frutos brocados. A constatação de pelo menos 1% de amostras com ovos, lagartas ou frutos danificados pode ser um indicativo para que medidas de controle sejam colocadas em prática.

Uma outra ação que pode ser integrada é a destruição dos restos culturais e, nos cultivos de tomate de mesa, a retirada dos frutos atacados, enterrando-os de imediato. O revolvimento do solo visa à interrupção da fase pupal, inviabilizando a emergência dos adultos, pois destrói os túneis de saída da praga.

O controle biológico da broca-grande *Helicoverpa spp*., assim como a da broca-pequena *N. elegantalis* pode ser realizado com a utilização do uso de parasitoides do gênero *Trichogramma.* A libração inundativa de *Trichogramma pretiosum* em conjunto com amostragens duas vezes por semana é considerada uma medida de controle muito promissora. Através das amostragens, pode ser tomada a decisão de indicar ou não a associação de outras medidas de controle.

No mercado, existem alguns inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringienses* que vêm obtendo resultados satisfatórios quando utilizados em associação a outros métodos para suprimir a praga na produção de tomate.

O uso de feromônios para broca-grande também se mostra eficaz e segue o mesmo método explanado para a broca-pequena.

Para a variedade de mesa, o ensacamento de frutos nos tomateiros tende a ser uma alternativa viável, visto que, para *Helicoverpa* spp. bem como para *N. elegantalis*, os resultados obtidos em diversos estudos com essa prática têm proporcionado boa proteção, com frutos de melhor qualidade e livres de resíduos de agrotóxicos.

O controle químico é o método mais utilizado, mas, na maioria das vezes, é ineficaz contra as brocas, devido ao comportamento da praga, visto que a lagarta permanece a maior parte do seu ciclo no interior dos frutos.

Dentre os produtos químicos utilizados para o controle da broca-grande, encontramos diflubenzuron, clorantraniliprole, clorfenapir, indoxacarbe, triflumuron.

Para a utilização dos produtos, faz-se necessário o monitoramento prévio, como já mencionado, e fazer uso desses quando o nível de infestação for igual ou superior a 1%.

A associação do controle biológico e químico tem sido considerada uma ferramenta altamente eficaz, desde que haja em conjunto o monitoramento. O controle químico seletivo tem como objetivo a preservação do parasitoide *Trichogramma pretiosum* (Hiley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), utilizado também como controle biológico para *N. elegantalis.*

4 Cucurbitáceas

4.1 Broca-das-cucurbitáceas – *Diaphania nitidalis*e *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae)

Em regiões de clima tropical e subtropical, as espécies *Diaphania nitidalis* e *Diaphania hyalinata* são consideradas pragas-chave na família das Cucurbitáceas, causando injúrias que podem resultar, em alguns casos, em até 100% de perdas. Essas espécies ocorrem simultaneamente nos cultivos, entretanto apresentam preferências de locais de ataque distintos, sendo que *D. nitidalis* normalmente ataca os frutos abrindo galerias na polpa, inviabilizando a comercialização, mas também pode haver o consumo de folhas nos primeiros ínstares larvais; já D. *hyalinata* preferencialmente ataca folhas, brotos e flores ao longo dos seus ínstares larvais, reduzindo significativamente a área fotossintética da planta ou, em altas populações, pode causar a desfolha da planta.

Figura 12 - *Diaphania nitidalis* na fase larval na cultura do melão.

Fonte: Os autores.

A espécie *Diaphania nitidalis*, na fase adulta (mariposa), mede cerca de 30 mm de envergadura e 15 mm de comprimento, apresenta coloração marrom violácea e asas com área central amarelada semitransparente e bordos marrom violáceos. Os ovos de formato esférico a achatado, com 0,4 mm a 0,6 mm de largura e 0,8 mm de comprimento, nas primeiras 24 horas, são brancos e, posteriormente, tornam-se amarelos. As lagartas, inicialmente, têm coloração amarelo-esbranquiçada com manchas pretas ou cinzas que desaparecem no quinto e último ínstar, e neste apresentam coloração variável, conforme sua alimentação, e tamanho de até 30 mm de comprimento. As pupas possuem coloração marrom-escuro e 13 mm de comprimento, sendo encontradas em folhas secas ou no solo.

Já na espécie *Diaphania hyalinata*, os adultos são mariposas de coloração marrom-violácea e asas com aéreas semitransparentes, brancas e faixa escura dos bordos mais retilínea. Possui o período larval de 5 ínstares; no primeiro ínstar, as lagartas são incolores; no segundo ínstar, são de coloração amarelo-verde pálida; no quinto ínstar, apresentam coloração verde com duas listras brancas ao longo do dorso e essas listras podem ou não desaparecer antes do desenvolvimento da pupa. A pupa apresenta coloração marrom-claro ou escuro, com 12 mm a 15 mm de comprimento e 3 mm a 4 mm de largura.

Figura 13 - *Diaphania hyalinata* em fase larval sobre folhas de pepino.
Fonte: Os autores.

O ciclo de vida das duas espécies é bastante similar em relação ao tempo, mas com algumas diferenças quanto aos hábitos. Em média, para que um ciclo seja completado, são necessários em torno de 30 dias, sendo 3 a 4 dias no período de ovo, seguidos do período larval por 9 a 20 dias, e pupa em média 10 dias.

Em relação à postura dos ovos, a *D. nitidalis* costuma ovopositar pequenos grupos de ovos em brotos, botões florais e parte em crescimento, enquanto *D. hyalinata* prefere ovopositar grupos de 3 a 8 ovos em brotos, hastes e parte inferior das folhas. Ambas as espécies dificilmente demonstram atividade durante o dia, apenas se forem incomodadas, sendo o período de maior atividade de *D. nitidalis* próximo à meia noite (VALLES; CAPINERA; TEAL, 1991).

Para o controle dessas pragas, o mais comum é o controle químico. Entretanto, quando aplicados inseticidas de contato, e a broca se encontra dentro do fruto, a ação do inseticida se torna menos eficaz.

Dentre as possibilidades de controle biológico, há o uso dos inimigos naturais, como os pertencentes às espécies *Crysoperla* spp. e a formiga do gênero *Paratrechina* como predadores de ovos, *Trichogramma pretiosum* como parasita de ovos e, quando em fase de pupa, o uso de *L. coecus*.

Em relação ao controle químico, alguns ingredientes ativos, como Deltametrina, Alfacipermetrina+Teflubenzuron e Clorantraniliprole, são registrados para controle das brocas das cucurbitáceas, sendo indicados para casos de início de infestação. A aplicação deve priorizar o recobrimento de toda a parte aérea das plantas, incluindo flores e frutos.

5 Fabáceas

5.1 Cigarrinha-verde (*Empoasca* sp.)

A cigarrinha-verde é uma praga de elevada ocorrência nos cultivos de feijão no Brasil, sendo os principais picos populacionais durante o plantio realizado no período da seca, devido à ausência de demais hospedeiros além da cultura do feijão.

Os adultos da cigarrinha-verde são de coloração verde, com 3 mm de comprimento, sendo a postura endofítica e de preferência realizada ao longo das nervuras das folhas dentro da epiderme, diminuindo assim a suscetibilidade aos fatores externos, com uma média de 60 ovos por fêmea. Os ovos têm tamanho médio de 0,79 mm, com um período de incubação médio de 6 a 8 dias, sobre temperatura média de 25°C.

As ninfas são menores e de coloração verde mais clara, têm o hábito de se locomover lateralmente, mas tendem a permanecer em um mesmo local, o período larval para ser completo passa por 5 ínstares, entre 8 a 9 dias. O ciclo completo dessa praga é de aproximadamente três semanas, sendo os adultos mais atraídos pela cor amarela.

Os sintomas do ataque são semelhantes às viroses. Os danos causados ao feijoeiro, porém, são devidos à ação toxicogênica associada à alimentação da praga, que injeta saliva para a pré-digestão da seiva. O período crítico é quando o ataque ocorre até o florescimento da planta, uma vez que, além do dano direto, provocando o atrofiamento, a mesma poderá atuar como vetor de agentes fitopatogênicos.

A cigarrinha é encontrada na face inferior do folíolo e tanto adultos como ninfas se alimentam sugando seiva, causando o 'enfezamento' da planta, que fica com as bordas dos folíolos voltados para baixo. Em casos mais severos, ocorre o amarelecimento das margens dos folíolos e posterior secamento dessas estruturas, chegando também a causar redução no porte das plantas e, consequentemente, causando redução da produtividade. O nível de controle para a cigarrinha-verde no feijoeiro é de duas ninfas por folíolo.

A literatura a respeito do nível de dano econômico é bastante rara, apesar da grande quantidade de trabalhos que visam avaliar o controle da cigarrinha. Gallo et al. (2002) e Barros et al. (2000) fizeram referência a duas ninfas por folha em 100 plantas examinadas em um hectare.

6 Referências

ARAUJO, E. L. de et al. Técnica de criação da mosca-minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 2, n. 1, 2007.

ARRUDA-GATTI, I. C. de; VENTURA, M. U. Iscas contendo cucurbitacinas para o manejo de *Diabrotica* spp. Semina: **Ciências Agrarias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 331-336, 2003.

BALDIN. E. L. L.; LARA, F. M. Atratividade e consumo foliar por adultos de *Diabrotica specios* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes genótipos de abóbora. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 675-679, 2001.

BARROS, B. .C et al. **Manejo integrado de pragas e doenças do feijoeiro**. Campinas: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000.

BAVARESCO, A. Efeito de tratamentos químicos alternativos no controle de *Diaphania* spp. (Lepdoptera: Crambidae) em pepino. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 309-313, 2007.

BENVENGA, S. R. ***Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lep.: Crambidae) em tomateiro estaqueado**: dinâmica populacional, nível de controle com feromônio sexual e eficiência de agrotóxicos. 2009. 134 f. Tese (Doutorado)-Programa de pós-graduação Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

______ et al. Monitoramento da broca-pequena-do-fruto para tomada de decisão de controle em tomateiro estaqueado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. 435-440, 2010.

BLACKMER, J. L.; EIRAS, A. E.; SOUZA, C. L. M. de. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitismo by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 89-95, 2001.

BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C. **Manejo integrado da Mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) em sistema de produção integrada de tomate industria (PITI)**. Brasília, DF: Embrapa, 2009. (Circular técnica, n.70).

BRITO, G. G. et al. Preferência da broca-das-cucurbitáceas [*Diaphania nitidalis* Cramer, 1782 (Lepidoptera: Pyralidae)] por cultivares de pepineiro em ambiente protegido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 577-579, 2004.

CARNENO, J. S.; HAJI, F. N. P.; SANTOS, F. A. M**. Bioecologia e controle da broca pequena *Neoleucinodes elegantalis***. Teresina: Embrapa Meio-Norte, Embrapa Meio-Norte, 1998. (Circular técnica, n. 26).

COSTA-LIMA, T. C.; SILVA, A. C.; PARRA, J. R. P. **Moscas-minadoras do gênero Liriomyza (Diptera: Agromyzidae): aspectos taxonômicos e biologia**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. (Documento,v. 268).

DANIEL, L. OLMSTEAD, BRIAN A. NAULT, ANTHONY M. SHELTON; BIOLOGY. Ecology, and evolving management of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in Sweet Corn in the United States. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 109, no. 4, p. 1667-1676, 2006.

FILHO, M. M. et al. **Recomendações técnicas para o controle de pragas do pepino**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. (Circular técnica, n. 109).

FITT, G. The ecology of heliothis species in relation to agroecosystems. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 34, no. 1, p. 17-53, 2003.

FRANÇA, F. H. et al. Manejo integrado de pragas. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. p. 113-117.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GUIMARÃES, J. A. et al. Biologia e manejo de mosca minadora no meloeiro. Brasília, DF: Embrapa, 2009. (Circular técnica, v. 77).

HODGES, A. et al. **Pest thrips of the United States: field identification guide**. [S.l.]: USDA-CREES Integrated Pest Management Centers, 2009.

JÚNIOR, S. P. et al. Ensaio para o controle químico da broca-pequena *Neoleucinodes elegantalis* (Guennée 1854) (Pyralidae Lepidoptera) do tomate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 21-22, n. 1, p. 127-131, 1991-1992.

KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEMS. ***Aculops lycopersici***: ácaro del bronceado del tomete. Disponível em: < https://www.koppertus.ms/retos/aranas-rojas-y-otras-aranas/acaro-del-bronceado-del-tomate>. Acesso em: 01 nov. 2018.

LABINAS, A. M. **Controle de pragas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e avaliação econômica**. 2002. 141 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação Agronomia Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

LEITE, M. V. **Biologia de *Aphisgossypii*Glöver, 1877 (Hemiptera: Aphidae) em cultivares de Cucurbita spp. e sua interação com o predador *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)**. Lavras: UFLA, 2006.

LIMA, V. L. S. **Manejo fitossanitário para brocas-das-cucurbitáceas *Diaphania nitidalis* Cramer (Lep.: Crambidae)**. 2009. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Gradaução em Agronomia, Universidade Federal do Espirito Santo, Alegre, 2009.

LYRA NETTO, A. M. C. de; LIMA, A. A. F. Infestação de cultivares de tomateiro por *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 2, p. 221-223, 1998.

MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P. Biologia e exigências térmicas de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 23-29, 2000.

MOURA, A. P. et al. **Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Hortaliças, Embrapa Hortaliças. 2014. (**Circular t**écnica, v. 129).

PANTHI, B. R. et al. Host selection, growth, and survival of melon worm (Lepdoptera: Crambiadae) on four cucurbit crops under laboratory conditions. **Environmental Entomology**, College Park, v. 45, no. 4, p. 945-951, 2016.

PECCHIONI, M. T. D. et al. Aspectos morfologicos y poblaciones de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em condiciones de laboratório. **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 285-294, 2000.

PINENT, S. M. J.; CARVALHO, G. S. **Ecologia, comportamento e bionomia**: Biologia de *Frankliniella schultzei* (Trybom) (Thysanoptera Thripidae) em tomateiro). **Anais Sociedade Entomológicado Brasil**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 519-524, 1998.

PRATISSIOLI, D. et al. Desenvolvimento da broca-das-cucurbitaceas em diferentes tipos de substratos alimentares. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 4, p. 598-601, 2007.

______. Incidência de mosca-minadora e insetos vetores em sistemas de manejo de pragas em tomateiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 607-614, 2015.

PRIYA, N. G. et al. Host Plant Induced Variation in Gut Bacteria of *Helicoverpa armigera*. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 7, n. 1, e30768, 2012.

SANTOS, M. D. et al. Eficiência de isolados comerciais de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok (Hypocreales: Cordycipitaceae, Clavicipitaceae) sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 76-79, 2016.

VALLES, S. M.; CAPINERA, J. L.; TEAL, P. E. A. 1991. Evaluation of pheromone trap design, height, and efficiency for capture of male *Diaphania nitidalis*. (Lepidoptera: Pyralidae) in a field cage. **Environmental Entomology**, College Park, v. 20, p. 1274-1278.

Produção de mudas de tomateiro, pimenteiro e pepineiro

Rumy Goto e Edvar de Sousa da Silva

1 Introdução

Este capítulo abordará algumas informações específicas das principais famílias das hortaliças-fruto, porém sem a descrição passo a passo das etapas de produção, com foco especificamente voltado ao crescimento fenológico e às características fisiológicas para cada espécie dessas famílias.

2 Histórico

Historicamente, a produção de mudas em hortaliças era uma das etapas de menor importância em todo sistema de cultivo, haja vista que, até a década de 70, a maioria das espécies era reproduzida nas chamadas sementeiras, que consistiam em canteiros preparados próximos da área definitiva e só depois eram transplantas para seus locais de cultivo definitivo. Nesses ambientes, a única preocupação era com a proteção contra o ataque de animais, pragas e doenças, já que, na grande maioria das vezes, utilizavam-se variedades e cultivares com baixo valor agregado às sementes. Aos poucos, essa prática foi recebendo melhorias, principalmente com a chegada das primeiras sementes híbridas e também com a preocupação dos produtores em obter mudas de melhor qualidade, maior uniformidade, facilidade no manuseio, melhor controle fitossanitário e consequentemente menor gasto com sementes. Surgia, então, uma demanda por ambientes telados, com sistema de irrigação e protegidos pelas intempéries promovidas pelo clima.

A necessidade de produzir mudas em hortaliças é uma consequência direta do tamanho das sementes e das reservas presentes no endosperma (pimentão e tomate) ou no cotilédone (pepino) das espécies a serem propagadas. Outra observação a ser considerada é o fato de que a maioria das espécies se apresenta sensívelàs adversidades climáticas, ao desbalanço hídrico e à temperatura do solo, à profundidade de semeadura e ainda pelo contato da superfície específica do solo com a semente.

A formação de mudas em canteiros era realizada somente em espécies que tradicionalmente apresentavam resistência à operação do transplante, como as brássicas, cichoriáceas e solanáceas. Para essas famílias, a utilização de mudas trazia maior rendimento e uniformidade no estande, além de promover precocidade na produção a campo, uma vez que, ao serem transplantadas, parte do período juvenil já havia sido atingido.

No entanto, os produtores de tomateiro estaqueado perceberam que essa forma de produção de mudas em canteiros não apresentava controle de doenças, pois muitas mudas iam para o campo

contaminadas. Dessa forma, surgiu uma alternativa para inibir esse problema, coma produção de mudas individuais em copinho de jornal. Inicialmente, a nova tecnologia foi bem aceita pelos produtores e profissionais da época (década de 70), havendo a divulgação imediata da técnica, sendo inclusive adotada por produtores de repolho e alface ao observarem a superioridade na qualidade e no vigor das mudas produzidas.

A produção de hortaliças no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo, sempre buscou novas tecnologias por ser um importante Estado para o abastecimento de várias regiões do território brasileiro. As companhias de sementes sempre trabalharam junto com os produtores de hortaliças do Estado de São Paulo, principalmente, os cooperados da então Cooperativa Agrícola de Cotia (CAC-CC) e Sul Brasil, que eram os líderes de produção da maioria das espécies, concentrados nas regiões de Mogi das Cruzes, Ibiúna, Piedade e Suzano.

Havia muita importação de cultivares e as pesquisas com melhoramento vinham ganhando espaço com os trabalhos e os resultados obtidos pelo Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", liderados pelo professor Marcilio de Souza Dias, o que consequentemente trouxe importante evolução para o setor de Produção de Sementes de Hortaliças adaptadas às condições tropicais, atualmente conhecidas como 'Hortaliças Tropicalizadas'. Ao mesmo tempo, as companhias de sementes evoluíram, na busca de oferecerem produtos de melhor qualidade, com a introdução de híbridos no nosso mercado, melhorando qualidade, produtividade, praticidade e rentabilidade.

Com esses avanços, a produção de mudas não podia ser feita da mesma forma, com consumo excessivo de sementes, uma vez que, com a introdução de novos materiais genéticos, o custo desse insumo também havia aumentado. Da década de 70 para 90, houve rápida transformação na produção de hortaliças, aliado às mudanças econômicas. De 90 para os dias atuais, o processo não parou e cada vez mais o setor tem se desenvolvido. Os produtores se profissionalizaram, os canais de distribuição também. Além disso, o mercado consumidor se tornou cada vez mais exigente com relação a produto de melhor qualidade.

Com essa demanda, houve mudança radical na forma de produção em todos os sentidos, desde a formação de mudas ao sistema de produção. Todo o setor envolvido na produção de hortaliças sentiu a necessidade de se modernizar com investimentos significativos em pesquisa e tecnologia, principalmente na obtenção de novos híbridos com resistência às principais doenças e com capacidade de produção, inúmeras vezes superiores aos apresentados pelas cultivares existentes. Com isso, houve também a necessidade de avanços, para construção de viveiros especializados, sistemas de produção em cultivo protegido, melhorias no setor de irrigação/fertirrigação e comercialização, tudo isso a fim de atender a nova demanda e o perfil do consumidor.

3 Produção de mudas/sistemas

Na década de 80, com a utilização de híbridos, aliado à elevação do preço dos defensivos, melhor utilização das áreas e maior oferta e demanda por produtos de qualidade no mercado, alguns produtores começaram a cultivar dentro de ambientes protegidos e, nesse ambiente, não se permitem perdas de mudas, por falhas técnicas ou por manejo errado.

Por outro lado, a indústria havia notado o rumo que o setor estava tomando no Brasil, pois, nos outros países, a utilização de mudas produzidas em recipientes individuais era uma realidade. Dessa forma, iniciaram-se estudos de melhor composição de substratos, com diferentes matérias-primas, tais como casca de pinus, composto orgânico, bagaço de cana, casca de coco, casca de arroz carbonizada, turfa, carvão vegetal mineralizado e vermiculita, com diferentes misturas e granulometrias, buscando materiais leves, com elevada CTC, retenção de umidade, boa agregação, fácil manuseio e isento de pragas e de doenças. Juntamente com esse processo, houve o

desenvolvimento de recipientes, inicialmente comas bandejas de poliestireno expandido (Isopor®), posteriormente as de plástico preto ou branco, em diferentes tamanhos e números de células (62,5 x 34,5 x 4,8 cm = 288 células), (67,5 x 34,5 x 6,3 cm = 128 ou 162 células)e (67,5 x 34,5 x 12 cm =72 células.)

Os primeiros viveiristas profissionais surgiram na região de Monte Mor e Mogi das Cruzes/SP, no final da década de 80, e aos poucos outras regiões de produção de hortaliças foram se destacando, como Piedade, Ibiúna, São Miguel Arcanjo, Pilar do Sul e Suzano. Em grande escala, atualmente, tem-se referência em Santa Cruz do Rio Pardo, Mogi-Guaçu, São José do Rio Pardo/SP. Tem-se referência também em outros estados, como no Paraná, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, demonstrando a expansão da produção de hortaliças no Brasil.

O aprimoramento tecnológico deste segmento tem sido constante, em decorrência das exigências que os novos materiais genéticos e os sistemas de produção atuais têm feito junto aos viveiristas. A necessidade em aperfeiçoar a produção é constante e a busca do conforto térmico nas estruturas de ambiente protegido vem sendo cada vez mais importante para obtenção de mudas de qualidade. A automação com sensor de umidade, de temperatura e de luminosidade está sendo adotada para se ter maior controle do ambiente e oferecer condições fisiológicas ideais às mudas produzidas.

4 Manejo das mudas de solanáceas

A falta de conhecimento faz que os produtores deem o mesmo tratamento a todas as mudas, sem que haja a preocupação das diferentes fases fenológicas e exigências fisiológicas de cada espécie a ser cultivada, promovendo, em algumas ocasiões, estresses que culminam na expressão de baixa produtividade quando essas mudas forem levadas a campo. Cada espécie, ao iniciar o processo de germinação e de emergência, o fazem com distinção em relação ao desenvolvimento radicular, à precocidade da emissão da radícula, às reservas presentes nos cotilédones, à exigência no manejo da irrigação e da nutrição, à idade fisiológica das mudas e, principalmente,às características que definem o seu potencial produtivo. A necessidade da água no início da germinação é fundamental, pois é na fase de embebição que se dão início às reações bioquímicas para o desenvolvimento embrionário e emissão da radícula. Desta etapa em diante, é de suma importância que o substrato utilizado não sofra com o desequilíbrio hídrico, uma vez que as radículas apresentam capacidade de melhor aproveitamento da umidade do mesmo. Após o crescimento do hipocótilo, das folhas cotiledonares e emissão das primeiras folhas definitivas, essa necessidade de água é distinta para cada espécie, híbrido ou cultivar.

Logo após a semeadura, as bandejas deverão ser colocadas em câmaras de germinação por 3 a 5 dias (variando com a espécie), com temperatura e umidade relativa do ar controladas para melhor absorção de água pelas sementes e, com isso, maior homogeneidade na germinação. Após esse período e constatado o início da emergência, as bandejas devem ser colocadas em ambiente com luminosidade para iniciar a fotossíntese. Nessa fase, a qualidade e a intensidade luminosa dentro do viveiro deverão ser observadas, uma vez que, em condições de pouca luz, é possível que haja o estiolamento das mudas, provocando perdas consideráveis de energia e consequente queda na produção a campo. Nesse sentido, o tipo e a limpeza do filme plástico que cobre os viveiros são duas das características essenciais para obter uma muda de qualidade.

Em todas as espécies, a fase da germinação em relação à absorção de água pode ser dividida em três.

Fase 1: No caso das sementes de tomate, a absorção é acelerada no período de 4 a 8 horas após a semeadura, sendo atribuída ao potencial matricial negativo da semente que tem os

componentes hidrofílicos, como proteínas, celulose, substâncias pécticas e mucilagem que compõem a semente. Portanto não se deve negligenciar as primeiras irrigações, logo após a semeadura, observando o teor da umidade ao preparar o substrato, evitando encharcamento. Deve-se ainda evitar o escorrimento d´água para não lixiviar os nutrientes presentes nos substratos.

Fase 2: De 6 a 48 horas, a absorção é mais lenta, portanto a quantidade de água poderá ser reduzida. Nesta fase, todos os componentes das sementes hidratadas já estão sendo preparados para germinação e emissão da radícula.

Fase 3: É a fase da emissão visível da radícula, portanto absorção mais lenta, como se pode observar no exemplo da Figura1.

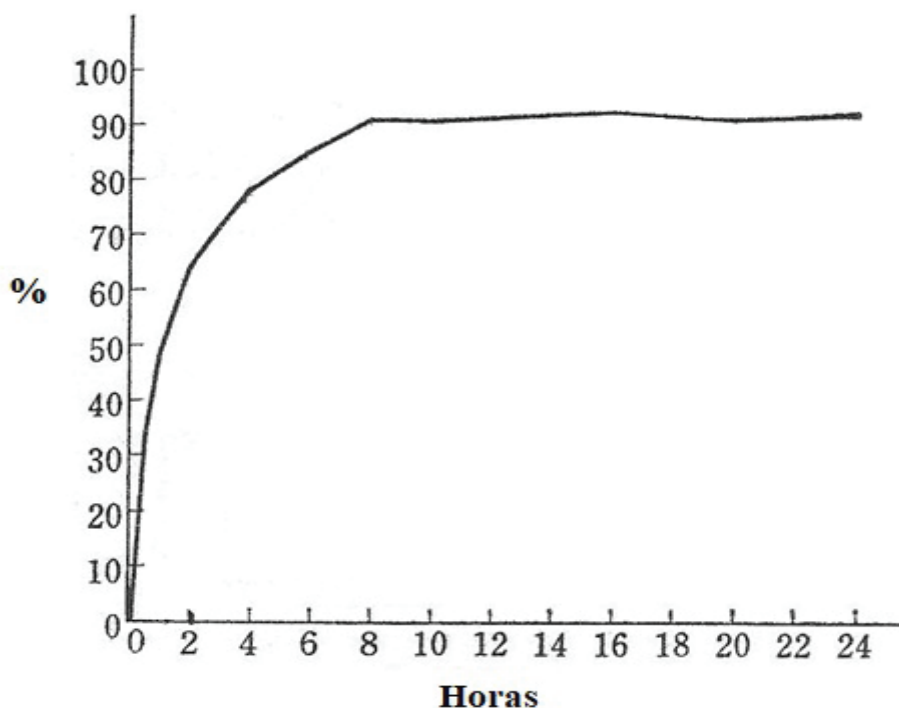



Figura 1 - Absorção de água pela semente de tomate em função do tempo (horas), à temperatura ambiente de 25ºC.

Fonte: Saito (1988a), adaptado por Goto et al. (2018).

No caso da semente de berinjela, devido à dormência, esse processo de embebição é dificultado, portanto, na fase de germinação,poderá ser aplicado 100 ppm GA, para quebrá-la.

A embebição pelas sementes de berinjela é mais lenta, enquanto em tomate, no período de meia hora, 35% da água é absorvida e, cerca de duas horas após, esse número atinge 65% e, depois de 5 a 6 horas, esse processo é quase que totalmente finalizado, totalizando 92% de absorção pelas sementes, como observado na Figura 1. Ao comparar com as sementes de berinjela (Figura 2), observa-se que 57% da absorção se dá após 7 a 8 horas.

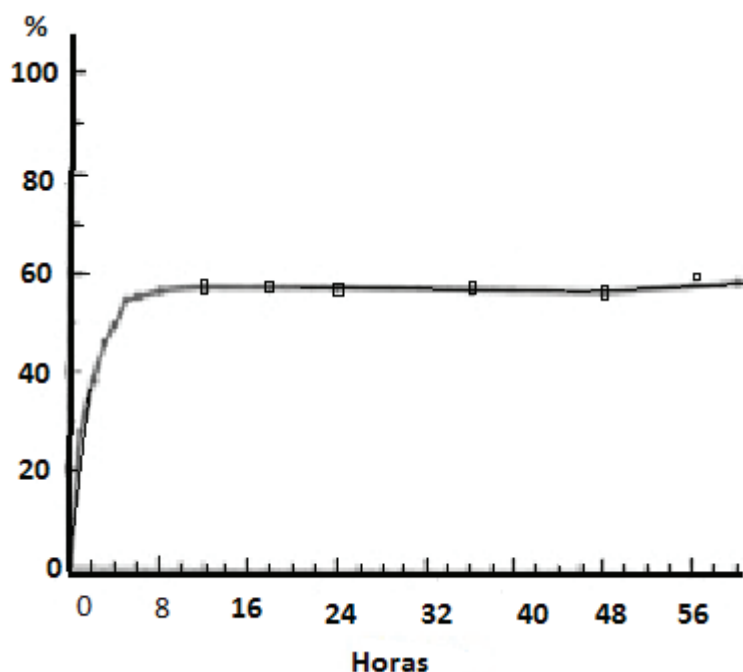



Figura 2 - Absorção de água pela semente de berinjela em função do tempo (horas), à temperatura ambiente de 30ºC.

Fonte: Saito (1988b), adaptado por Goto et al. (2018).

Na semente de pimentão, mais de 50% da absorção de água ocorre nas primeiras 12 horas e depois entra na segunda fase, deforma mais lenta (Figura 3).

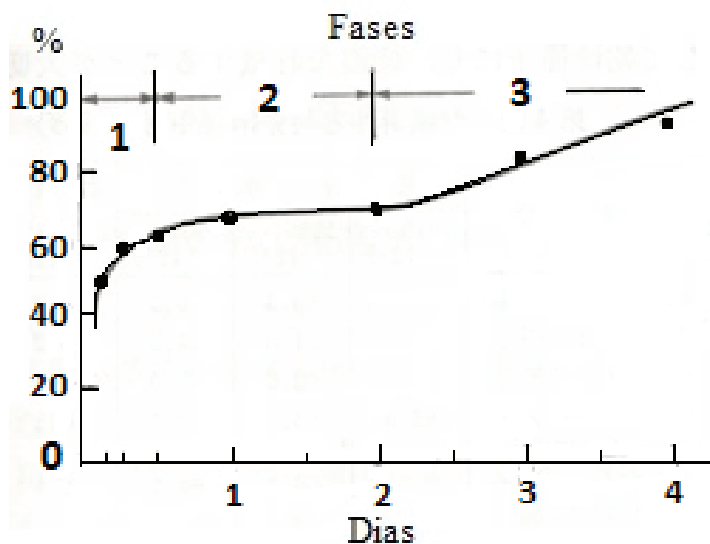



Figura 3 - Absorção de água pela semente de pimentão em função do tempo (dias).

Fonte: Saito (1988c), adaptado por Goto et al. (2018).

Ao comparar o crescimento da radícula, observa-se, na semente de tomate e de pimentão, que, com 2-3 dias da germinação (Figuras 4 e 5), a radícula já se apresentacom 4 cm a 6 cm, enquanto na berinjela, com 3 dias, seu comprimento é de apenas 0,1 cm a 0,2 cm e, aos 5 dias, atinge 2,2 cm, demonstrando o quanto a semente de berinjela é mais tardia.

Precoce	0 Dia	2	3	3.5	4	6	10
Tardio	0	5	6	6.5	7	10	14

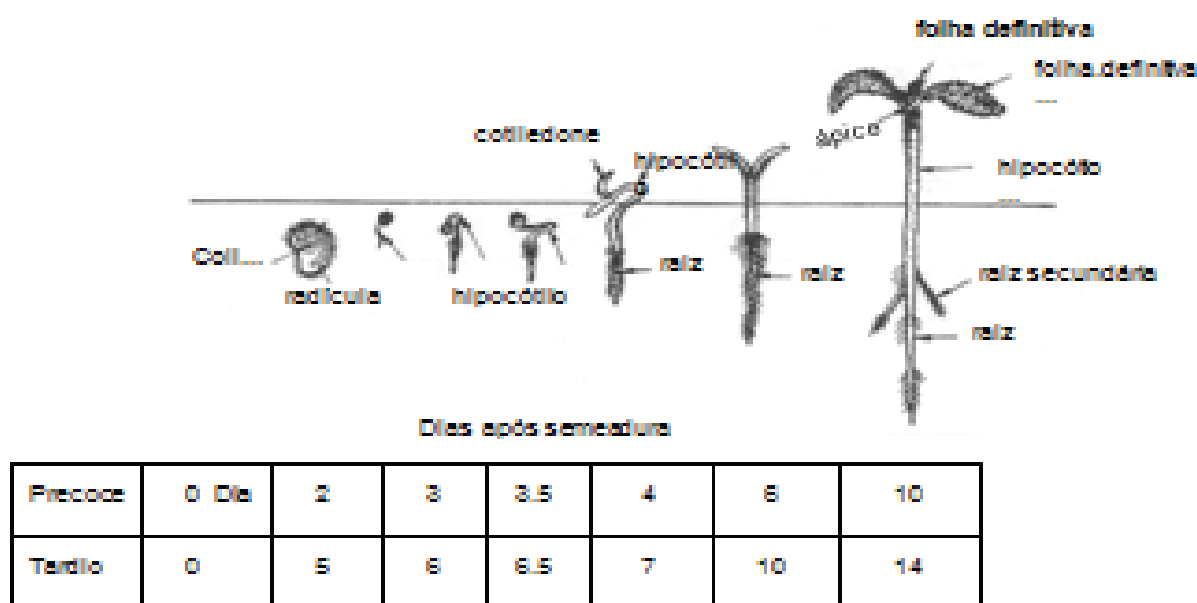



Figura 4 - Crescimento da radícula de tomate em função dos dias após a semeadura.
Fonte: Saito (1988a), adaptado por Goto et al. (2018).

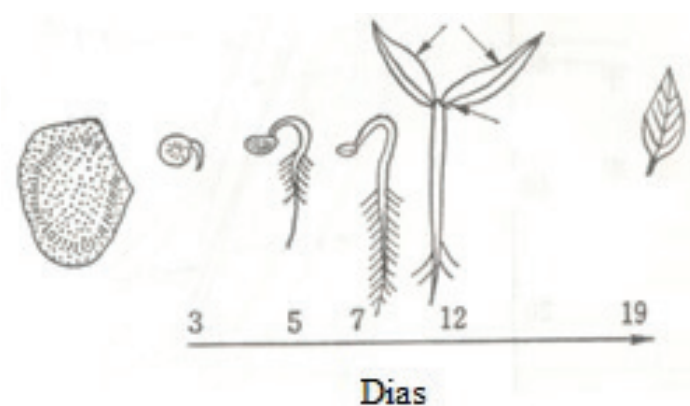



Figura 5 - Processo de germinação de pimentão.
Fonte: Saito (1988c), adaptado por Goto et al. (2018).

Outro fator muito importante, porém ignorado, na formação das mudas é a presença das folhas cotiledonares. Essas folhas são importantes para a formação dos órgãos reprodutivos, ou seja, alavancam ou induzem a formação dos órgãos reprodutivos.

Observa-se, na Figura 6, a diferença do volume do sistema radicular das mudas, consequentemente, há diferença no vigor dessas, no desenvolvimento das folhas definitivas, interferindo no início da fotossíntese que acontece nesse estádio, resultando na diferenciação dos futuros botões florais.

Figura 6 - Detalhe do desenvolvimento de mudas de pimentão (A) e tomate (B) com e sem a presença das folhas cotiledonares.
Foto: Renato de Souza Braga.

Quanto maior o tamanho das folhas cotiledonares, espessas e verdes, maior a qualidade da muda e, consequentemente, maiores ganhos na produção e na qualidade dos frutos colhidos; portanto a seleção do tamanho da semente na linha de produção de semente se torna uma fase muito importante.

Folhas cotiledonares menores, amareladas atrasarão a diferenciação floral e demais fases da planta. Nesse início da formação de mudas, não poderá faltar luz. Se houver queda ou perda das folhas cotiledonares, o crescimento da planta será retardado e com perdas de cachos florais (Figura 6).

No caso de sementes de tomate e de pimentão, quando os cotilédones emergem, em torno de 48 a 96 horas após a semeadura, as duas folhas definitivas já estão diferenciadas na gema apical e, no decorrer do tempo, as folhas definitivas se desenvolvem, iniciando o processo fotossintético, produzindo clorofila e acelerando a síntese de inúmeros compostos bioquímicos. A partir desse momento, as radículas começam a absorver os nutrientes, e os processos fisiológicos são intensificados.

A diferenciação floral, tanto nas mudas de tomateiro, quanto nas de pimenteiro, ocorre na fase da emissão da 2.ª a 3.ª folhas definitivas. Se houver algum tipo de estresse nesse estádio, com certeza acarretará atraso ou perda do primeiro cacho floral. É nesse estádio que também ocorre a divisão celular na região da gema apical.

Nas mudas de berinjeleira, 18 dias após a emissão das folhas cotiledonares, a plântula está com média de2 cm a 3 cm de altura, de 7 a 9 folhas já estão diferenciadas e as 3 primeiras folhas em expansão. Esse período é o momento mais estressante da plântula de berinjeleira, pois ocorrem vários processos ao mesmo tempo. As raízes estão prontas para absorver os nutrientes dos substratos, está ocorrendo a diferenciação floral, juntamente com intensa atividade de divisão celular da gema apical, preparando-se para emissão de novas folhas, brotos e botões florais. Esse é o momento de maior cuidado dentro do viveiro para que não ocorra qualquer

tipo de estresse. A 7.ª e a 9.ª folhas que foram diferenciadas com aproximadamente 18 dias aparecerão com 50 dias após a abertura das folhas cotiledonares, quando então a primeira flor estará fixada.

No pimenteiro, observa-se que, quando a muda apresentar de 2 a 5 folhas expandidas, de 8 a 12 folhas posteriores já estarão se diferenciando e o 1.º botão floral já estará determinado (diferenciada).

Quando se compara a exigência de luz entre essas três espécies, o pimenteiro é a menos exigente, porém é de suma importância que se evite o sombreamento das mesmas, pois a baixa qualidade luminosa pode ser prejudicial para o desenvolvimento das mudas.

5 Manejo das mudas de cucurbitáceas

A velocidade de germinação e de formação de mudas das espécies dentro da família das Cucurbitáceas é muito mais rápida em todas as fases: para germinação, emissão da radícula e das folhas cotiledonares.

A emissão da radícula ocorre logo entre o primeiro e o segundo dia após a semeadura, e com crescimento aproximado de 1,0 cm a 1,5 cm por dia, há a divisão dos cotilédones e, com mais 2 dias, ocorre a emissão das folhas cotiledonares; por fim, no 7.º dia após a semeadura, há a emissão da primeira folha definitiva.

Quanto à forma de colocar as sementes de cucurbitáceas no substrato, em vez de colocá-las em pé, é recomendado acomodá-las deitadas com a parte mais larga voltada para cima e com profundidade de 0,5 cm no substrato. Após a semeadura, cobri-las com um material leve, a fim de se evitar a perda da umidade e, ainda, evitar que a casca da semente afete a folha cotiledonar após a germinação/emergência. Quando a casca da semente fica aderida nas folhas cotiledonares, afeta a chegada da luz nestas, podendo causar amarelecimento das mesmas e, em alguns casos, provocar a proliferação de doenças fúngicas.

Quando há expansão da 1.ª folha definitiva, é o momento que está ocorrendo a diferenciação do primeiro botão floral, portanto um momento que o viveirista precisa ter muito cuidado para não estressar as mudas. Neste momento, devem-se evitar a falta d´água, o encharcamento e o sombreamento. Nesse mesmo estádio, está ocorrendo a formação de mais 7 a 8 folhas definitivas ou entrenós. Quando há expansão da 5.ª folha definitiva, fisiologicamente a planta de pepineiro está definida, pois aproximadamente 20 nós estão definidos nesse estádio.

Normalmente as mudas pé franco (não enxertadas) são transplantadas com apenas 3 folhas definitivas emitidas; mas, no caso de mudas enxertadas e do tipo ‘Mudão’, são transplantadas com 5 folhas definitivas emitidas (Figura 7). Nesse caso, deixar as mudas tipo ‘Mudão’ nas condições de temperatura noturna entre 13ºC e 15ºC e dia curto, por cerca de 7 a 8 horas, poderá levarao aumento de flores femininas, porém é necessário cuidado especial nesse manejo, uma vez que, ao estimular o aumento de flores femininas, poderá ocorrer um retardo no crescimento da planta.

O que se tem observado é que, como o tempo de formação de mudas de pepineiro é rápido, acaba ocorrendo grande descuido na fase de formação delas, não dando atenção às folhas cotiledonares, as quais precisam estar totalmente sadias e com a coloração verde intensa. Essa coloração passa a certeza de que o sistema radicular está se desenvolvendo. As folhas cotiledonares são o ‘coração’ das plântulas, elas mostram se as mudas estão sadias ou não.

Figura 7 - Detalhe de muda de pepineiro com enxertia de topo.
Foto: Rerison Catarino da Hora.

6 Enxertia em solanáceas

A enxertia é uma técnica muito utilizada em hortaliças para inibir problemas de salinização em ambiente protegido e problemas com patógenos de solo. As hortaliças mais enxertadas são pepineiro, tomateiro, pimenteiro e meloeiro.

Sanidade e idade das mudas utilizadas, métodos de enxertia, manejo pós-enxertia são essenciais para cicatrização do local da enxertia e o sucesso dessa técnica.

Uma forma de saber como está a sanidade das mudas é observar as folhas cotiledonares, as quais devem estar verdes e tenras. Isso mostra que as mudas estão bem nutridas e saudáveis. Amarelecimento e queda das folhas antes do processo de enxertia pode demonstrar que as plantas sofreram algum estresse fisiológico que pode ser causado pelo ambiente inadequado, pela falta de nutrição adequada e pelas doenças.

Para se fazer a enxertia, é mais assertivo se basear na quantidade de folhas definitivas do que no tempo após semeadura ou emergência das plântulas. A idade do porta-enxerto seria quando as mudas estiverem com, pelo menos, 4 a 5 folhas definitivas totalmente expandidas. É citado, na literatura, que as raízes são alimentadas pelas folhas de 5 a 9, portanto recomenda-se fazer a enxertia após alcançar esse estádio, para ter a certeza de uma boa formação da raiz do porta-enxerto e, no ato da enxertia, deixar, pelo menos, uma a duas folhas no mesmo, para que o sistema radicular dele possa continuar desenvolvendo e poder sustentar o enxerto. É importante frisar que as folhas cotiledonares também precisam estar presentes na muda de porta-enxerto.

A muda do enxerto deve apresentar de 2 a 3 folhas definitivas, é importante também que as folhas cotiledonares estejam presentes no dia da enxertia, para mostrar a sanidade das mudas e a segurança de uma boa cicatrização. Contudo o que se vê, na prática, para acelerar o processo da enxertia, é a utilização de plântulas muito novas, muitas vezes, no estádio da primeira folha definitiva expandida ou até sem as folhas cotiledonares,o que pode implicar vários problemas: a) ponto da enxertia muito baixa que, ao realizar o transplante, muitas vezes é enterrado, perdendo-se a função da enxertia; b) sem as folhas cotiledonares, há o atraso no crescimento e no desenvolvimento do sistema radicular, deixando a planta com pouca sustentação, interferindo na absorção de nutrientes.

Existe uma variedade de métodos que podem ser utilizados para fazer a enxertia em hortaliças. O método garfagem fenda simples (conhecido também como fenda garfagem) e contato em bisel são bastante utilizados em culturas da família botânica solanácea, como tomateiro, pimenteiro e berinjeleira (Figura 8). Os viveiristas e alguns produtores têm adotado principalmente o método contato em bisel, o qual facilita principalmente a rapidez na realização da enxertia. Em solanáceas, o método deencostia é raramente utilizado.

Em pesquisas e práticas sobre métodos de enxertia em tomateiro, observa-se que o método de enxertia garfagem fenda simples e encostia apresentam maior porcentagem de cicatrização no local da enxertia e plantas aptas. Nesse caso, os métodos garfagem fenda simples e contato em bisel seriam os mais recomendados para o tomateiro, cabendo aos técnicos e aos produtores decidirem qual utilizar, de acordo com o custo/benefício, principalmente relacionado ao uso da mão de obra.

Para que ocorra uma boa cicatrização da região de enxertia, quando utilizar os métodos de garfagem fenda simples e contato em bisel, as mudas enxertadas devem ser recolocadas em bandejas e rapidamente acondicionadas em câmara úmida, a qual deve ser coberta por tela de sombreamento de 50%. É importante ter o cuidado de manter câmara úmida de enxertia com umidade relativa sempre acima de 80% e temperatura entre 23ºC e 29 ºC, fazendo a troca de ar, ou seja, abertura da câmara duas a três vezes por dia, quando a temperatura estiver muito elevada. É importante fazer o molhamento do material que forra a base da câmara úmida sempre que a umidade desse reduzir, para suprir a necessidade de água e umidade das plantas.

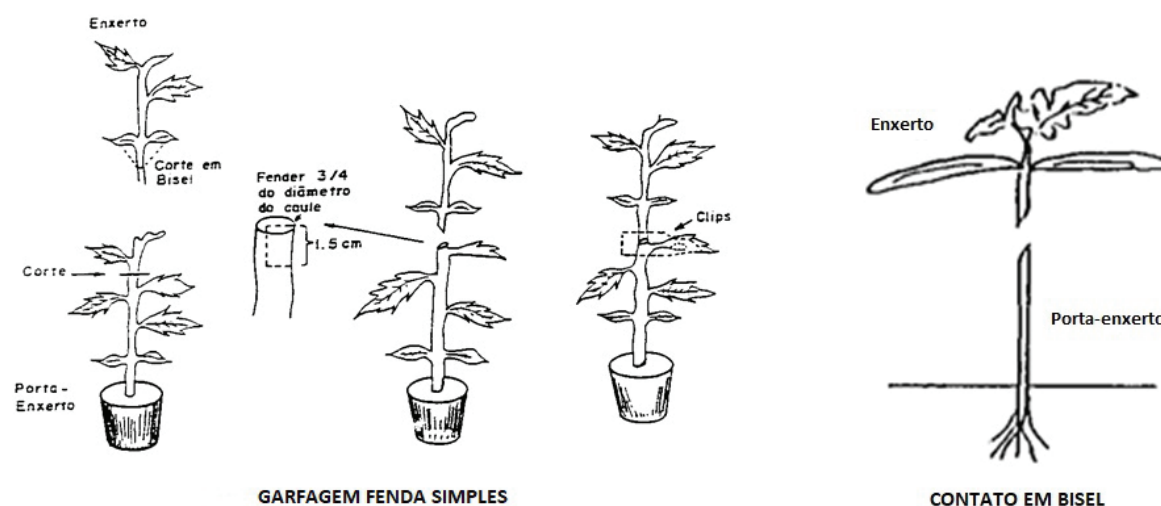



Figura 8 - Método de enxertia garfagem fenda simples e contatoem solanáceas.

Fonte: Yamakawa (1982), Goto, Santos e Cañizares (2003).

7 Enxertia em cucurbitáceas

A enxertia no Brasil iniciou-se primeiramente na cultura do pepineiro, objetivando principalmente a qualidade do fruto colhido, pois a utilização de abóbora como porta-enxerto, tipo *Bloomless* (uma característica que retira a cera do fruto do pepino), fez que essa vantagem sobressaísse em relação às outras qualidades que a enxertia respondia, tais como resistência à doença de solo, como, por exemplo, *Fusarium* e uma tolerância maior para nematoides.

Iniciou-se utilizando o método da encostia (Figura 9), principalmente, por essa não exigir tanto o ambiente pós-enxertia (câmara úmida), com controle de temperatura e umidade, uma vez que o início da cicatrização se processava com a raiz do pepineiro, e após a certeza da cicatrização, fazia-se a 'desmama', que consiste em isolar a raiz do pepineiro, deixando-o sobreviver somente com a raiz do porta-enxerto (abóbora).

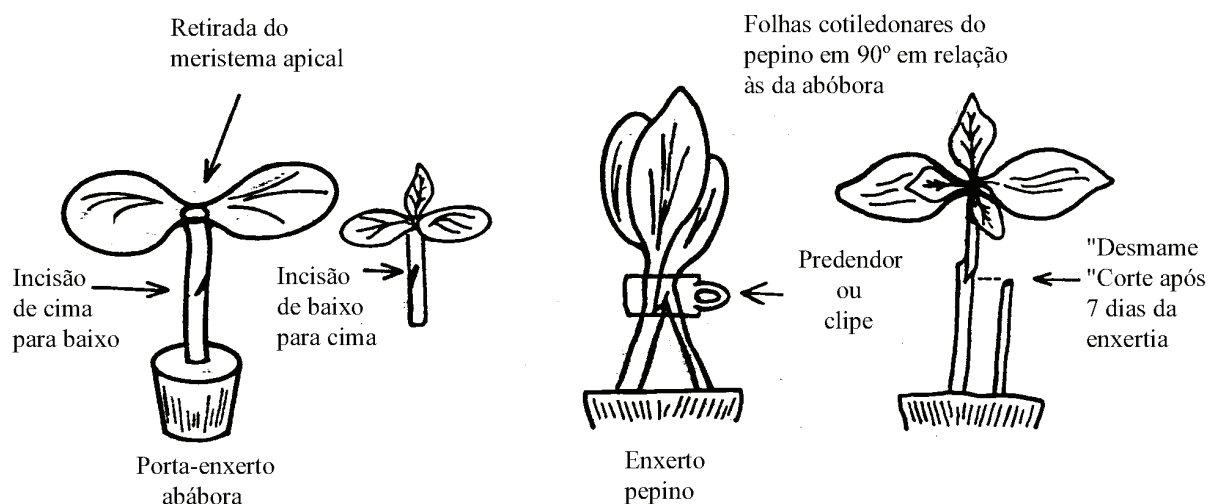



Figura 9 - Enxertia por encostia.
Fonte: Cañizares e Goto (2002).

Após quase 30 anos da introdução dessa tecnologia, com as primeiras pesquisas inéditas no Brasil iniciadas pelo grupo de professores e alunos da Unesp/Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, coordenado pelos professores Goto e Kurozawa, recebendo muitas críticas, percebeu-se que houve evolução, tanto dos materiais genéticos, como da técnica de enxertia. Atualmente, tem-se utilizado mais os métodos garfagem de fenda apical simples (Figura 10) e Perfuração (Figura 11), devido à qualidade da muda que se obtém e por dispensar o processo do 'desmame', reduzindo o tempo gasto com esse manejo, refletindo no custo e no tempo de formação da muda.

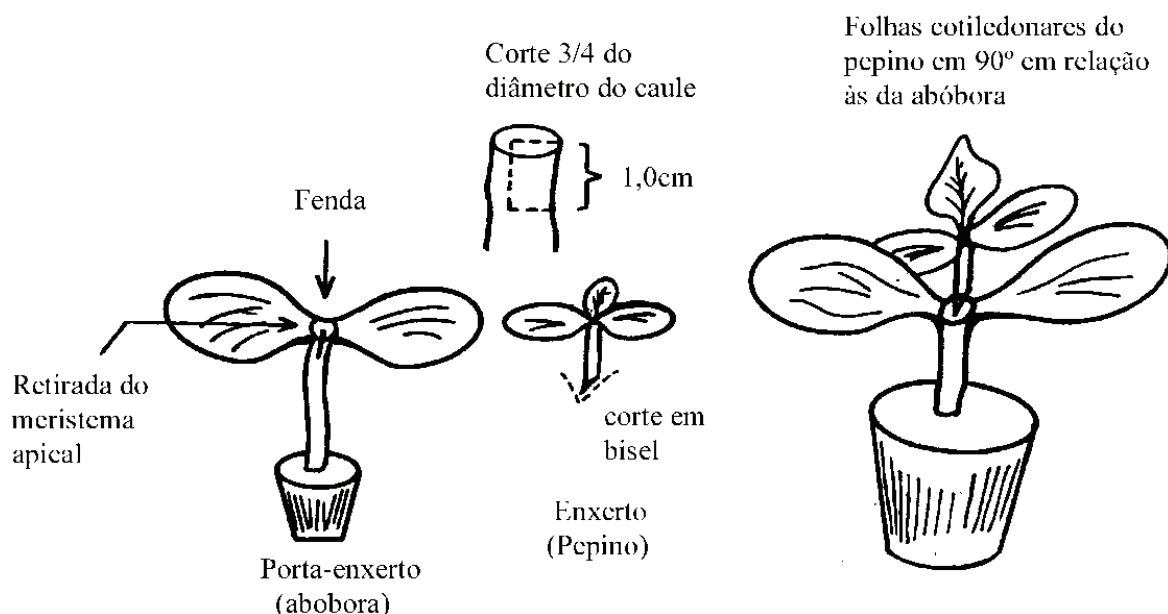



Figura 10 - Enxertia por garfagem de fenda apical simples em cucurbitáceas.
Fonte: Cañizares e Goto (2002).

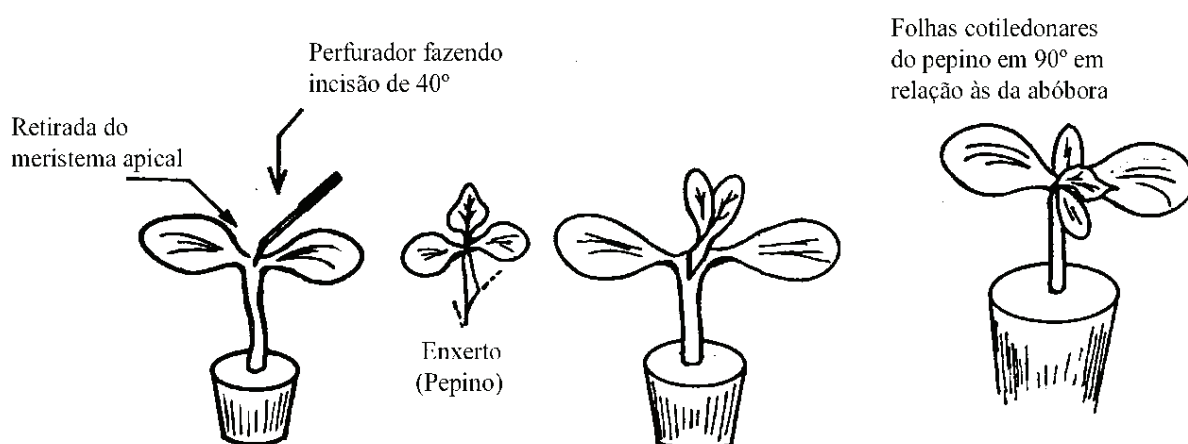



Figura 11 - Enxertia por perfuração apical.
Fonte: Cañizares e Goto (2002).

É importante ressaltar que as idades das mudas utilizadas para enxertia em pepineiro utilizando os porta-enxertos de abóbora são bem distintas. No caso do porta-enxerto (abóbora), as plantas devem estar na fase de emissão da primeira folha definitiva e as mudas de pepineiro com a primeira folha definitiva iniciando a expansão. Pode-se trabalhar com mudas do porta-enxerto sem as raízes, dessa forma o trabalho da enxertia ficará mais limpo e mais fácil de manusear as plântulas. O importante do manejo dos porta-enxertos é deixar que o hipocótilo engrosse, para facilitar a realização da fenda ou a perfuração. Não é interessante deixar que a muda alongue, e sim que ela permaneça com diâmetro mais grosso; esse manejo deverá ser feito nutricionalmente, evitando a utilização de nitrogênio no substrato e quebrando-se a gema apical do porta-enxerto, uns dois a três dias antes do processo da enxertia.

Assim como nas solanáceas, manter as folhas cotiledonares até o dia da enxertia é imprescindível, pois, além de elas mostrarem a saúde das plantas, aumenta-se a chance de obter uma boa produção final.

8 Inovações tecnológicas na pesquisa na produção de mudas no Brasil

Resultados de pesquisas obtidos nos últimos 10 anos têm mostrado a influência positiva da enxertia no aspecto de dar maior resistência às doenças de solo, não só pela influência dos novos porta-enxertos, mas pela interferência que se faz na planta. Os cortes para se realizar a enxertia deixam as plantas estressadas e, dessa forma, os tecidos dessas podem aumentar a atividade de algumas enzimas antioxidantes e inibir a ação de alguns patógenos não desejáveis no seu ciclo vegetativo.

O manejo das mudas enxertadas denominadas de 'Mudão' (Figura 12) está sendo testado e aprovado por alguns viveiristas e produtores. No caso desse tipo de mudas para a cultura do tomateiro, recomenda-se levá-las ao campo com o primeiro cacho floral e, no caso do pepineiro, os mudões devem estar com 5 a 6 folhas definitivas. Esse tipo de muda ainda está sendo muito questionado pelos produtores, porém o ganho que pode apresentar no campo, com menor tempo de ocupação da área definitiva, menor gasto com nutrição/água, com tratos culturais, menor número de pulverizações e gastos com mão-de-obra, certamente trará vantagens e ganhos significativos para os produtores.

Figura 12 - Mudões de pepineiro no Viveiro Hidroceres, em Santa Cruz do Rio Pardo – SP.
Foto: Junior Bassetto.

9 Referências

CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Comparação de métodos de enxertia em pepino. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 95-96, 2002.

GOTO, R.; SANTOS, H. S.; CAÑIZARES, K. A. L. (Org.). **Enxertia em hortaliças**. São Paulo: UNESP, 2003.

______ et al. **Adaptação e tradução de figuras relacionadas a absorção de água pelas sementes de tomate, berinjela e pimentão a partir do livro sobre Tomato de autoria de SAITO, T**. Botucatu: [s.n.], 2018.

KATO, M. P. Hatsuga to eiyô saichô no seiri seitai. In: Yassai Enguei – Daí Haka. Nôosan Gyo Son – Bunka Kyokai, 1988. p. 275-283.

PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças.**Ciencia Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, dez. 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000600028&lng=pt&nrm=iso>. Acesso:12 abr. 2013.

RUSSELL, C. R.; MORRIS, D. A. Patterns of assimilate distribution and source—sink relationships in the young reproductive tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Annals of Botany**, Oxford, v. 52, no. 3, 1 p. 357- 363, 1983.

SAITO, T. Tomato. Hatsuga no seiri seitai. In. Yassai Enguei – Daí Haka . Nôosan Gyo Son – Bunka Kyokai, 1988a. p. 21-28.

______. Tomato. Eiyô seichô no seiri seitai. In. Yassai Enguei – Daí Haka . Nôosan Gyo Son – Bunka Kyokai, 1988b. p. 29-51.

______. Nassu.. Shushi no hatsuga no seiri seitai. In. Yassai Enguei – Daí Haka . Nôosan Gyo Son – Bunka Kyokai, 1988c. p. 25-35.

SILVA, E. S. **Enxertia no controle da murcha bacteriana, na atividade de enzimas e produção em tomateiro.** 2013. 88 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós- Graduação em Agronomia-Horticultura, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013.

SUZUKI, Y. **Yasai Saibai no Kissô Tishiki**. Traduzido por Rumy Goto. Japão, 1996. p. 143-154. Em japonês.

YAMAKAWA, K Use of rootstocks in solanaceous fruit- vegetable production in Japan. **Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)**, Yatabe, v. 15, no. 3, p. 175-179, 1982.

Tecnologia de Aplicação

Robinson Luiz Contiero, Denis Fernando Biffe e Valdenir Catapan

1 Introdução

Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos a um determinado processo produtivo. Por analogia, Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas é a utilização dos conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas.

Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas é um dos mais multidisciplinares campos dentro da agricultura, havendo uma ampla diversidade de fatores que, interdependentemente, interferem na deposição do produto no alvo de forma eficiente e econômica. É de se considerar que um bom conhecimento desses fatores seja fundamental para a escolha da correta tecnologia a ser empregada. É fácil adquirir um produto ou equipamento de alta tecnologia, basta ter recursos financeiros; mas o grande 'gargalo' do aumento da produção e do crescimento é saber como utilizar esses produtos ou esses equipamentos. Muitos conhecimentos adquiridos nessa área ainda não estão sendo aplicados no setor produtivo, requerendo maior divulgação dos fundamentos básicos para que a aplicação seja realizada de forma correta e eficiente.

O sucesso no manejo fitossanitário depende de um conjunto de conhecimentos. O objetivo principal é permitir um bom controle, diminuindo os danos, evitando efeitos negativos ao ambiente e garantindo a sustentabilidade do sistema. Para isso, o primeiro passo é o correto monitoramento da lavoura e, em função disso, tomar a decisão de aplicar os defensivos agrícolas no momento mais oportuno.

A Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas vem apresentando avanços significativos em diversas frentes, sendo que uma das maiores preocupações, em todo o mundo, tem sido o controle da deriva. O ponto fundamental para o sucesso nas aplicações é a correta regulagem, assim como a manutenção das máquinas aplicadoras. De nada vale adquirir o melhor produto se, quando utilizá-lo, falta conhecimento e não se tira proveito de suas vantagens.

Outro aspecto que jamais pode ser esquecido se relaciona com as condições climáticas no momento da aplicação. A pesquisa vem, dia a dia, melhorando o desempenho das aplicações, e novos resultados e recomendações são constantemente gerados, fazendo-se necessários a constante atualização e treinamento da mão de obra envolvida com a aplicação de defensivos agrícolas.

O crescente aumento do custo de mão de obra e de energia e a preocupação, cada vez maior, em relação à poluição ambiental têm ressaltado a necessidade de tecnologia mais acurada para a aplicação do produto químico no alvo. Para isso, são necessários procedimentos e equipamentos mais adequados para maior proteção do trabalhador e do ambiente.

Para que se verifique esse avanço tecnológico desejado, é imprescindível a compreensão dos fatores que afetam a aplicação de defensivos agrícolas e a inter-relação entre eles. Dentre os fatores que afetam a aplicação dos defensivos agrícolas, podem-se destacar, como principais, os seguintes:

a) Clima

Além de ser um fator limitante para o desenvolvimento de uma cultura, o clima influi diretamente no controle das pragas, das doenças e das plantas daninhas, uma vez que determina as condições ambientais existentes. A pluviosidade, a temperatura, a umidade relativa e a ocorrência de ventos são alguns dos fatores climáticos a serem considerados.

Altas temperaturas associadas a altas umidades relativas constituem-se em condições propícias ao desenvolvimento de pragas e de doenças. Dessa forma, quando o agricultor notar a ocorrência dessas condições, deve preparar-se para o eventual controle, através do contínuo monitoramento de sua lavoura. Esse controle pode ser preventivo ou corretivo. A fim de manter a quantidade de defensivo ao mínimo realmente necessário, deve-se, sempre que possível, utilizar apenas o controle corretivo, quando se faz a aplicação do defensivo após a verificação da ocorrência da praga ou da doença.

Em condições em que há ocorrência de ventos fortes, a aplicação de defensivos, se for realizada, deve ser precedida de maiores cuidados para se evitar o fenômeno da deriva, que consiste no arrastamento das partículas produzidas durante a aplicação, para longe da área onde essas deveriam se depositar. A deriva é uma ocorrência a ser evitada com a aplicação de qualquer defensivo, porém é ainda mais crítica na aplicação de herbicidas. De uma maneira geral, aconselha-se a aplicação de defensivos nas horas de maior calma ambiental, que normalmente são notadas nas primeiras horas da manhã, ou no final do dia. Essas aplicações idealmente devem se limitar a condições de ventos máximos ao redor de 3,0 km h^{-1}.

b) Solo

Por se constituir no substrato mais comum para o desenvolvimento das plantas, o solo deve ser considerado quanto aos aspectos de cobertura, topografia e textura. Com relação à cobertura, existem condições em que o solo se encontra com um grande número de troncos e de tocos, como quando se faz a derrubada manual no preparo inicial do solo. Nessas condições, como se pode facilmente concluir, é impossível o tráfego de máquinas tracionadas por animais ou tratores. Nesse caso, a única opção para aplicação são os equipamentos manuais, carregados e operados por uma pessoa. Quando as áreas são muito extensas, pode-se recorrer à aviação agrícola como uma das formas de se fazer a aplicação de defensivos nessas condições.

A topografia é outro fator relacionado ao terreno, uma vez que ela limita a escolha da técnica e do equipamento a ser utilizado. Em condições de topografia muito acidentada, pode-se tornar inviável a aplicação de defensivos com máquinas tratorizadas, uma vez que a estabilidade e, por consequência, a segurança da operação ficam comprometidas.

A textura do solo influi na dosagem do produto a ser utilizado. Geralmente em solos argilosos, os quais contêm uma quantidade maior de coloides que inibem o princípio ativo de alguns defensivos, como os herbicidas, as dosagens são maiores que para os solos arenosos.

c) Hospedeiro

Em uma propriedade agrícola, o hospedeiro é o elemento que será atacado pela doença ou praga, portanto o hospedeiro pode ser um vegetal ou um animal. Com relação aos vegetais e animais utilizados em uma exploração agrícola, os aspectos mais importantes são a seleção e o melhoramento, o conhecimento do ciclo biológico e as características morfológicas e fisiológicas dos vegetais e dos animais. A seleção e o melhoramento são aspectos importantes, pela possibilidade de se aumentar a resistência do hospedeiro a determinada praga ou doença.

Os demais aspectos relacionados ao hospedeiro permitem escolher a técnica e o equipamento mais adequados ao controle. A título de exemplo da importância desses conhecimentos a respeito do hospedeiro, pode-se mencionar o controle do chamado mal de Sigatoka, que é uma doença da bananeira, causada pelo fungo *Mycosphaerella musicola*, que é muito comum no litoral. A

doença se caracteriza pela penetração de esporos do fungo pela parte inferior das folhas mais novas da bananeira. Para se controlar esse fungo, há necessidade de se utilizar um fungicida, que deve ser aplicado na forma de atomização, sempre que a bananeira emitir uma folha nova. Pelo estudo da planta, chegou-se à conclusão de que a bananeira emite uma folha nova a cada 6 a 10 dias. Portanto, para impedir que o fungo se desenvolva na parte inferior da folha, há necessidade de se realizar uma aplicação do produto a cada 10 dias, durante o ciclo biológico da planta. Através do conhecimento dos fatores mencionados anteriormente, pode-se escolher a periodicidade de aplicação, o defensivo a ser utilizado, a técnica de aplicação e o equipamento a ser utilizado.

Outro exemplo marcante é o controle da ferrugem asiática ou ferrugem da soja (*Phakopsora* sp). O controle deve ser preventivo, antes do aparecimento da doença. Porém, se a necessidade for de aplicações curativas, é importante saber que o início da doença ocorre nas partes mais baixas da soja, o que determina a obrigatoriedade de o fungicida atingir a parte de baixo da planta que, em condições de cultura em estágios avançados de desenvolvimento (grande massa foliar), só será conseguido com a associação correta entre volume de calda e ponta de pulverização.

d) Patógeno

É o elemento considerado praga (insetos, nematoides, ácaros etc.) ou causador de doenças (bactéria, vírus, fungo etc.). Os patógenos são exaustivamente estudados pelas ciências afins (entomologia, nematologia, acarologia, bacteriologia, virologia, fitopatologia), de forma que, para efeito deste trabalho, apenas o tamanho e a mobilidade dos patógenos serão considerados.

Com relação ao tamanho do patógeno, pode-se encontrar desde os fungos, cujos esporos são medidos em mícrons, até as lagartas, cujo tamanho pode atingir vários centímetros. Pode-se supor que é muito mais fácil atingir uma lagarta com uma técnica de aplicação qualquer, do que um esporo ou uma pequena mancha causada por um fungo em uma folha. No primeiro caso, mesmo que as partículas tenham tamanhos desuniformes e não cubram totalmente a folha, existe uma probabilidade muito maior de o defensivo contido na partícula atingir o patógeno. No caso do fungo, se as partículas não estiverem uniformemente distribuídas sobre a folha, são remotas as chances de o defensivo atingi-lo.

O fator mobilidade do patógeno está também intimamente relacionado ao tipo de aplicação a ser utilizada. Assim, se o patógeno tem grande mobilidade, a sua chance de entrar em contato com o defensivo, mesmo que ele esteja contido em partículas de diferentes tamanhos, espalhadas ao acaso sobre a superfície tratada, é muito maior do que quando o patógeno é praticamente imóvel, como no caso da mancha provocada pelo fungo.

e) Princípio ativo

É o produto que efetivamente irá controlar o patógeno. Normalmente, os princípios ativos dos defensivos são testados pelos fabricantes e através de instituições oficiais. Ambos podem fornecer informações sobre o melhor defensivo a ser utilizado para o controle do patógeno, bem como a dosagem e a técnica de aplicação a ser utilizada.

Normalmente, o princípio ativo é diluído em algum produto inerte, para se obter a distribuição uniforme do mesmo sobre a superfície a ser tratada. Existem, porém, alguns produtos utilizados em aplicações a ultrabaixo volume, que podem ser aplicados na forma pura em dosagens extremamente baixas, que podem chegar ao redor de 0,4 L ha^{-1}.

f) Veículo

É o material inerte ao qual é misturado o princípio ativo para a aplicação. Os veículos podem ser líquidos, como água, óleo etc., ou sólidos, como talco, gesso, argila etc., utilizados na forma de pós ou de grânulos. De uma maneira geral, pode-se dizer que uma aplicação de defensivo deve procurar

utilizar a menor quantidade possível de veículo, uma vez que este, embora inerte, tem um custo para transporte, diluição, aplicação etc.

Devido ao fato de o veículo sólido na forma de pó apresentar, em geral, densidade diferente do princípio ativo, durante a aplicação, há a tendência de ambos se separarem, dificultando a aplicação uniforme do princípio ativo. Aliado a esse fato, o pó é menos efetivo no controle dos patógenos, principalmente em regiões de alta pluviosidade. Por esses motivos, as aplicações de defensivos na forma de polvilhamento têm diminuído muito nos últimos anos.

g) Operador

É o principal fator a ser considerado na aplicação de defensivos agrícolas por diversas razões. A principal delas é que o próprio ser humano é o elo final da cadeia de produção e utilização de alimentos e fibras. Dessa forma, toda e qualquer agressão desnecessária ao meio ambiente, como a aplicação incorreta de defensivos agrícolas, irá refletir no bem estar do próprio ser humano.

Sendo o operador uma parte integrante de um sistema de aplicação de defensivos agrícolas, deve-se preocupar com a sua adequada instrução no uso e na manutenção dos equipamentos, bem como os cuidados no manuseio dos defensivos a serem utilizados para aumentar a segurança e a eficácia, e diminuir os riscos da aplicação. A instrução do operador é extremamente importante, não só quanto à correta utilização dos equipamentos, como também do defensivo mais apropriado para o controle do patógeno. A correta recomendação do defensivo inicia-se na seleção do mesmo, restringindo-se apenas aos produtos autorizados no país e não proibidos no exterior e, no mínimo, nas situações descritas como apropriadas pelos fabricantes e pelas instituições do governo, encarregados de licenciá-los.

h) Máquina

É um dos fatores mais importantes, uma vez que é através dela que se faz a aplicação mecanizada dos defensivos. O sucesso do tratamento realizado, medido pelo grau de controle do patógeno, dependerá da regulagem, da manutenção e das características operacionais da máquina utilizada.

2 Fundamentos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

Com o crescente aumento do custo dos defensivos, da mão de obra e dos combustíveis, além da preocupação cada vez mais crescente em relação à poluição ambiental, ressalta-se a necessidade de uma tecnologia mais precisa na colocação do defensivo no local correto, bem como de procedimentos e equipamentos adequados à maior proteção do aplicador. O estudo do processo de aplicação de defensivos agrícolas, considerando-se todos os conhecimentos existentes, torna a matéria multidisciplinar por excelência, e vários termos necessitam ser discutidos, no sentido de se estabelecerem conceitos bastante claros.

2.1 Alvo Biológico

Para que o defensivo agrícola possa exercer sua ação sobre um determinado organismo que se deseja controlar, ele deve atingir esse organismo. Dessa forma, o alvo biológico a ser atingido (de forma direta ou indireta) é esse organismo, que pode ser uma planta daninha, um

inseto, um fungo, uma bactéria ou a própria planta. Portanto qualquer quantidade de defensivo que não atinja o referido alvo não terá qualquer eficácia e estará representando uma forma de perda. A fixação pouco exata do alvo eleva invariavelmente a perda de grandes proporções, pois o produto é então aplicado sobre partes que não têm relação direta com o controle. Em média, 30% do produto aplicado visando atingir as folhas das plantas atingem o solo, por ocasião da aplicação.

O alvo é atingido diretamente quando se coloca o produto em contato direto com o alvo escolhido no momento da aplicação. De forma indireta, o alvo é atingido através da redistribuição do produto aplicado (pela translocação sistêmica ou pelo deslocamento superficial do depósito inicial do produto). Em função do tipo desse alvo (sua forma, tamanho, posição etc.), a pulverização a ser produzida deverá ter características específicas para melhor atingi-lo. É, portanto, de fundamental importância a correta e precisa definição do alvo a ser atingido. Entretanto, devido a vários fatores, na prática, a definição do alvo é muito mais vaga e flexível.

Utilizando o exemplo bastante difundido por Matuo et al. (2000), para a aplicação de um acaricida para o controle do ácaro branco do algodoeiro, que se encontra nas folhas jovens ('ponteiros') das plantas, podemos considerar como alvo a ser atingido o ácaro branco, as folhas jovens ('ponteiros') das plantas, toda a planta do algodoeiro e todas as plantas da área.

Percebe-se que, com os atuais conhecimentos e instrumentos disponíveis, não é possível atingir somente os ácaros e, portanto, a fixação do avo deve ser 'menos precisa', escolhendo-se outra opção. Obviamente, ao fixarmos o alvo como sendo as folhas do 'ponteiro' da planta, ele será muito mais preciso do que a escolha da planta do algodoeiro como um todo. Ou seja, se o produto utilizado deve apresentar a maior eficiência possível, o alvo deve ser definido em termos de tempo e de espaço, de maneira a possibilitar que a maior quantidade possível dele atinja o alvo desejado.

2.2 Volume de Aplicação

É o volume de calda (ou seja, que sai do equipamento de aplicação) por área ou por planta, dependendo do tipo de trabalho executado. Esse volume está relacionado ao uso adequado do equipamento para se conseguir a cobertura mínima necessária para o controle do organismo-alvo. Normalmente, para as culturas rasteiras ou para aplicações em área total, o volume de aplicação é expresso em litros por hectare (L ha^{-1}), enquanto que, para culturas arbustivas e arbóreas, ainda é muito empregada a determinação em litros por planta (L $planta^{-1}$).

O volume de calda é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo a ser atingido, da cobertura necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação, dentre outros fatores. Na aplicação via líquida, é usual classificar o processo em função do volume de calda aplicado por hectare. Nas Tabelas 1 e 2, são apresentadas as diferentes classes de aplicação via líquida, segundo diversos autores.

Existe uma tendência de diminuição do volume das pulverizações, objetivando o aumento da capacidade operacional dos pulverizadores (área tratada por hora). O custo da coleta e do transporte da água utilizada na aplicação é significativo e o tempo necessário em reabastecimentos afeta diretamente a eficiência operacional da pulverização, especialmente se as condições climáticas diminuírem o período disponível para o trabalho. Na Figura 1, pode ser observado que o aumento do volume de aplicação proporcionou diminuição da produção diária do equipamento.

Tabela 1 - Classificação do volume de aplicação (L ha^{-1})

Classes	Volume (L ha^{-1})
Ultra ultra baixo volume (U-UBV)	< 0,5
Ultra baixo volume (UBV)	0,5 – 5
Baixo volume (BV)	5 – 50
Médio volume (MV)	50 – 500
Alto volume (AV)	> 500

Fonte: ASABE (2007).

Tabela 2 - Classificação do volume de aplicação (L ha^{-1})

Classes	Volume (L ha^{-1})	
	Culturas anuais	Culturas arbóreas
Alto volume	> 600	> 1000
Médio volume	200 - 600	500 - 1000
Baixo volume	50 - 200	200 - 500
Muito baixo volume	5 - 50	50 - 200
Ultra baixo volume	< 5	< 50

Fonte: Matthews (2000).

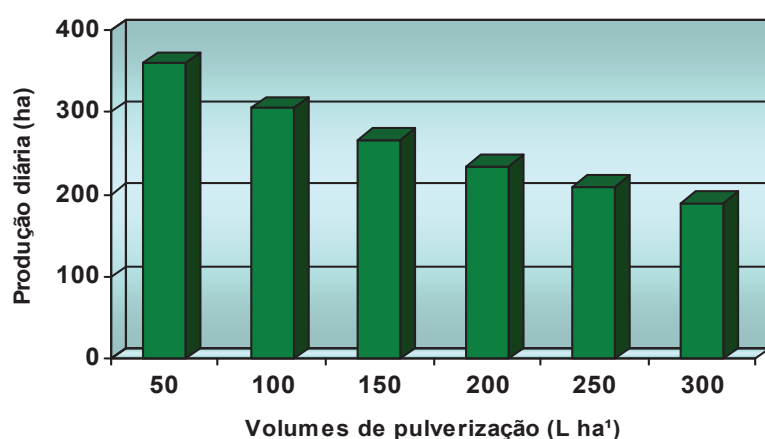



Figura 1 - Efeito da variação do volume de pulverização (uso de baixos volumes) na produção diária e diminuição percentual da produção diária de um equipamento Uniport 3000 4x4 Vortex, operando nas seguintes condições: jornada diária de 12 h; velocidade de 16 km h^{-1}; tempo de abastecimento de 20 min e eficiência de operação de 0,8.

Fonte: Jacto S/A (2006).

Atualmente, existe um consenso de que a denominação 'alto volume' seja dada à aplicação feita até além da capacidade de retenção das folhas, de tal modo que haja escorrimento. Em contraposição, o 'ultra baixo volume' é hoje definido como o volume mínimo por unidade de área para se alcançar o controle, independentemente de um limite. Diversas pesquisas têm comprovado que alguns herbicidas melhoram significativamente a sua eficiência em aplicações

de baixo volume (Figuras 2 e 3). Nessas condições, a maior concentração dos herbicidas nas gotas acelera sua passagem pela cutícula que reveste as folhas, o que se traduz em uma aplicação mais eficiente e, geralmente, de efeitos mais rápidos.

Outros defensivos, como os inseticidas e principalmente os fungicidas, nem sempre se adequam ao uso de baixo volume de calda. Em plantas com grande área foliar, é necessária boa cobertura de gotas para atingir níveis adequados de controle e minimizar as perdas de produtividade.

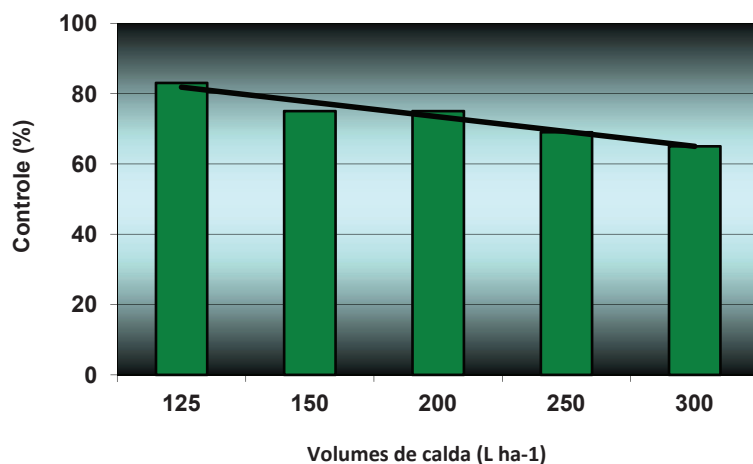



Figura 2 - Efeito do volume de calda na eficiência de sethoxydim (230 g ha^{-1} + 0,5% de óleo mineral) no controle de *Brachiaria plantaginea*.
Fonte: Theisen e Ruedell (2004).

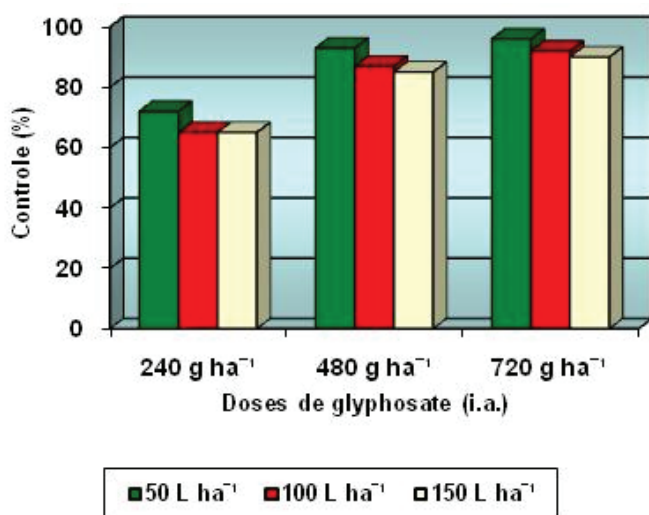



Figura 3 - Efeito do volume de calda e doses de glyphosate na dessecação de mono e dicotiledôneas.
Fonte: Theisen e Ruedell (2004).

Muitas vezes, o produtor tenta ganhar em eficiência, ou seja, tratar uma área maior com menor volume de calda e acaba obtendo um menor controle que pode interferir na produtividade da sua lavoura. Evidentemente, esse comportamento é dependente de cada produto e das interações deste com o ambiente. De maneira geral, quanto maior a temperatura e menor a umidade relativa do ar, maior deverá ser o volume aplicado (Figura 4).

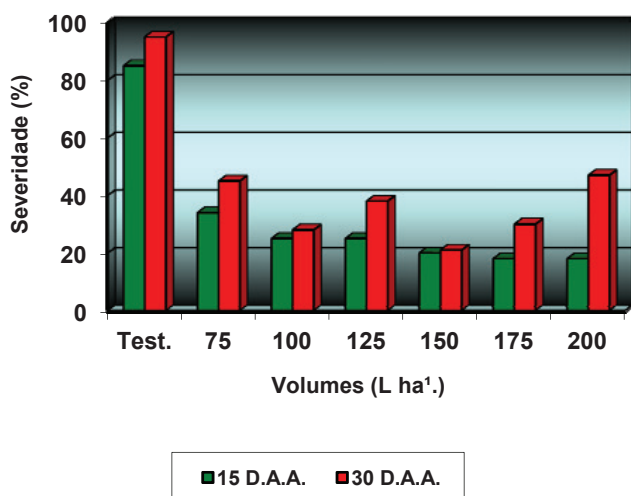



Figura 4 - Incidência de oídio aos 15 e 30 dias após a aplicação (DAA) do fungicida difeconazole, com diferentes volumes de calda.

Fonte: Boller et al. (2004).

2.3 Perda

Por definição, perda é toda quantidade de material que não atinge o alvo, geralmente expressa em porcentagem daquela que foi emitida pela máquina aplicadora. Essa perda pode também ser representada por material que chega ao alvo e não é retido por ele.

Quando se pulveriza uma cultura ou uma vegetação em área total visando às folhas, muitas gotas caem entre a folhagem, principalmente no espaço entre as linhas e o solo. Uma outra parte da pulverização emitida pela máquina pode não chegar ao alvo, seja pelo arrastamento pelo vento (deriva) ou mesmo pela evaporação do diluente da calda, deixando o princípio ativo em suspensão no ar.

Considera-se que, em condições normais de aplicação e em função da temperatura e da umidade reinantes na maior parte do tempo, as gotas com diâmetros menores que 100 μm são perdidas por evaporação e deriva. Portanto é fácil prever a quantidade do produto que pode ser perdida por esses motivos em uma aplicação, bastando conhecer as características da pulverização produzida pelos bicos utilizados. Esse é o índice normalmente utilizado como Potencial de Risco de Deriva (que envolve também as perdas por evaporação), isto é, a porcentagem do volume pulverizado que está contido em gotas de diâmetros menores que 100 μm. O conhecimento dessas informações pode auxiliar na escolha adequada do bico de pulverização.

2.4 Diluente

A água é o diluente (líquido usado para reduzir a concentração do ingrediente ativo de uma formulação para a aplicação) mais comumente utilizado nas pulverizações agrícolas, por ser de fácil obtenção e de baixo custo, além de contar com a ampla opção de formulações compatíveis;porém a água apresenta duas limitações:

a) **Tensão Superficial:** A água apresenta alta tensão superficial, o que leva a gota depositada em uma superfície a permanecer na forma esférica, fazendo que tenha pouca superfície de contato. Para corrigir esse problema, basta adicionar nela algum agente tensoativo ou surfactante para que diminua a tensão superficial. Com isso, a gota se espalha facilmente na superfície, molhando maior área (Figura 5). Alguns adjuvantes integrantes da formulação, como os agentes molhantes, emulsificantes etc., são agentes tensoativos e, portanto, a

simples presença dessas formulações na calda pode ser suficiente para diminuir a tensão superficial da água até os níveis desejados. Outras vezes, há necessidade da adição desses agentes tensoativos que, na prática, são conhecidos como Espalhantes-Adesivos.

b) Evaporação: A água possui pressão de vapor relativamente alta, fazendo que ocorra diminuição do volume da gota produzida, em função de sua evaporação. A intensidade da evaporação depende de vários fatores, dos quais os mais importantes são: a) proporção de líquidos não voláteis ou partículas sólidas existentes na mistura; b) temperatura e umidade do ar e velocidade do vento; c) tamanho da gota; d) tempo que a gota permanece no ar. À medida que a água vai evaporando, as gotas diminuem de peso e, portanto, a possibilidade de impacto dessa gota no alvo desejado é reduzida. Gotas de mesmo tamanho podem ter comportamentos diferentes, se diferentes forem as condições ambientais (Tabela 3). Portanto a observação das condições de temperatura e de umidade relativa é muito importante para uma aplicação correta.

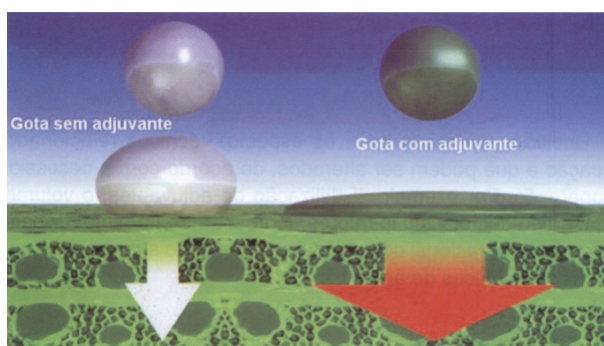



Figura 5 - Ação dos adjuvantes nas gotas aspergidas sobre as folhas.
Fonte: Theisen e Ruedell (2004).

Tabela3 - Comportamento de gotas de diversos tamanhos, em diferentes condições ambientais.

Condições Ambientais	Temperatura: 20,0°C ΔT: 2,2°C U.R.: 80%		Temperatura: 30,0°C ΔT: 7,7 °C U.R.: 50%	
∅ inicial da gota (µm)	**Tempo até extinção (s)**	**Distância de queda (m)**	**Tempo até extinção (s)**	**Distância de queda (m)**
50	12,5	0,13	4,0	0,032
100	50,0	6,70	16,0	1,80
200	220,0	81,70	65,0	21,0

Fonte: Christofoletti (1997).

Segundo Amsden (1962), o tempo de 'vida' da gota de água pode ser calculado pela fórmula:

$$t = \frac{d^2}{80\Delta t}$$

Em que: t = tempo de 'vida' da gota (s);

d = diâmetro da gota (µm);

ΔT = diferença de temperatura (°C) entre os termômetros de bulbo seco e bulbo úmido do psicrômetro.

Em condições tropicais, de alta temperatura, o fenômeno da evaporação das gotas de pulverização é bastante problemático, agravando-se sobremaneira em dias muito secos. Aplicações com gotas médias e pequenas, muitas vezes, não chegam a atingir o alvo, desaparecendo antes.

Para aplicações utilizando-se aeronaves, as condições limites são:

a) Para aplicações com calda de formulação líquida em água, usando gotas de 200 a 500 μm de diâmetro e volumes de calda de 20 a 50 L ha^{-1}, a aplicação deve ser interrompida quando $\Delta T > 8$°C, ou quando a temperatura do ar for maior que 36°C;

b) Para aplicações com calda de formulação líquida em água, utilizando-se gotas de 150 a 170 μm de diâmetro e volumes de calda de 10 a 15 L ha^{-1}, a interrupção da aplicação deve ocorrer quando $\Delta T > 4{,}5$°C, ou quando a temperatura do ar for maior que 32 °C.

O problema da evaporação da água parece não ser sentido pelos agricultores, uma vez que, em sua maioria, utilizam gotas grandes e o bico está próximo o suficiente do alvo de tal forma que, se esse fenômeno acontecer, não chega a causar prejuízos. Porém, quando utilizam gotas pequenas ou quando a distância a ser percorrida pela gota é relativamente grande (aplicação aérea ou com canhão terrestre, por exemplo), o controle da evaporação deve ser rigoroso, evitando diminuição da eficiência da aplicação. Principalmente em regiões tropicais, o fenômeno da evaporação impede que a água seja dividida em gotas muito pequenas, o que faz que o volume de aplicação de uma calda à base de água seja relativamente grande.

Em muitos casos, são feitas recomendações de utilização de óleo emulsionável junto à calda, para evitar a evaporação. É importante esclarecer que diversos experimentos comprovaram que o óleo não atua como antievaporante da água. O que se observa é que a parte aquosa da gota acaba evaporando com a mesma velocidade da água e, no final, resta somente a porção correspondente ao óleo.

Uma possibilidade de diminuir os efeitos da evaporação é a realização de aplicações noturnas (período em que a umidade relativa do ar é maior e a temperatura menor). A Fundação ABC tem obtido resultados bastante satisfatórios em seus trabalhos com aplicações noturnas, inclusive com possibilidade de redução do volume de calda e do diâmetro das gotas.

2.5 Deriva

Deriva é o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo processo de aplicação e que não atingem o alvo, ocasionando, portanto, também uma fonte de perdas do produto. Pode ser dividida em Endoderiva, quando a perda ocorre dentro da cultura (material que não é coletado pelas folhas e cai no solo) e Exoderiva, quando a perda ocorre para fora da área tratada. De qualquer forma, a intensidade da deriva está relacionada ao tamanho da gota, a distância em que foi liberada em relação ao alvo, à sua velocidade de lançamento e à velocidade do vento.

Quando se trabalha com caldas aquosas, os problemas de evaporação e deriva devem ser analisados em conjunto, uma vez que, à medida que perde peso por evaporação, a gota fica mais sujeita ao arrastamento pelo vento, podendo inclusive desaparecer por completo antes de chegar ao alvo. As gotas que ficam flutuando ou que se evaporam por completo deixam no ar o ingrediente ativo que pode ser carregado a distâncias consideráveis, causando problemas de poluição e danos às plantas ou às culturas porventura susceptíveis àquele produto químico.

2.6 Recuperação ou Eficiência da Aplicação

Em função da forma da pulverização, das situações próprias do alvo e das condições adversas que causam perdas, somente uma parte do produto atinge o objetivo proposto. A quantidade de material retido pelo alvo, geralmente expressa em porcentagem daquela que foi emitida pela máquina, é considerada como recuperação ou eficiência de coleta ou eficiência da aplicação e é afetada por: a) forma, tamanho e posição do alvo; b) densidade, diâmetro e velocidade da gota; c) velocidade e direção do fluxo de ar que passa ou envolve o alvo.

A eficiência ou a recuperação da aplicação pode ser definida como:

$$\text{eficiência ou recuperação} = \frac{\text{quantidade retida pelo alvo (aplicação)}}{\text{quantidade emitida pela máquina (pulverização)}}$$

Basicamente, as gotas sofrem a ação de duas forças: a ‘força de inércia’, que tende a manter a gota em uma trajetória retilínea, e a ‘força aerodinâmica’ (ou arrasto aerodinâmico), que tende a carrear as gotas ao longo do fluxo de ar em volta do alvo. Algumas gotas (as mais pesadas) impactarão o alvo, e outras passarão ao longo da superfície (Figura 7). Por outro lado, o movimento turbilhonado resultante da passagem do fluxo de ar ao redor do alvo (perfil não aerodinâmico) direcionará as partículas menores para a superfície posterior do alvo. Já as gotas mais finas poderão se depositar nas partes mais internamente da planta ou se perder no ambiente (Figura 7).

Para os alvos horizontais contínuos, como a superfície do solo em aplicações de pré-emergência, a recuperação ou a eficiência de coleta atinge valores mais elevados devido à menor interferência dos fatores ambientais para o impacto com a superfície. De qualquer maneira, existe também a resistência e o movimento de camadas de ar próximo à superfície, dificultando a chegada de gotas pequenas, razão pela qual, nesse tipo de aplicação, devem ser usadas pulverizações de gotas maiores que aumentarão a eficiência de coleta. Embora a pulverização com gotas maiores possa diminuir a cobertura da superfície, essas aplicações contam com a própria umidade do solo para melhorar a distribuição do produto e atingir as sementes em germinação e mesmo as raízes para que o produto seja absorvido.

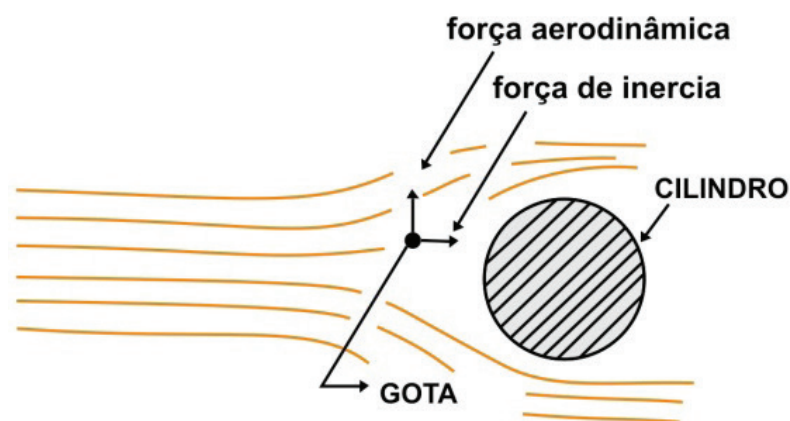



Figura 6 - Fluxo de ar e coleta de gotas em alvo de perfil aerodinâmico.
Fonte: Christofoletti (1997).

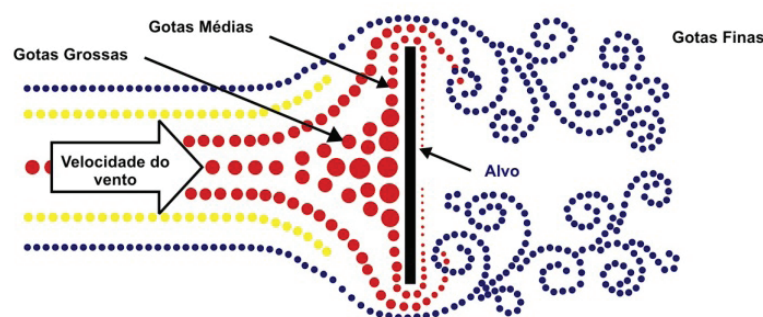



Figura 7 - Fluxo de ar e coleta de gotas em alvo de perfil não aerodinâmico.

Fonte: Christofoletti (1997).

Tanto no Brasil, como no exterior, não existem informações definitivas sobre os desperdícios que ocorrem durante as pulverizações de defensivos agrícolas. Algumas informações disponibilizadas na literatura internacional apontam que as aplicações de defensivos agrícolas são extremamente ineficientes, mas são fundamentadas apenas em fatos teóricos, ou seja, são baseadas nas doses teóricas de defensivos necessárias para controle de populações das pragas que produzem dano econômico.

Estudos com um novo método de determinação de volume depositado através de análise de gotas, testado em um experimento com pulverização aérea de herbicidas, demonstraram perdas em torno de 50% do volume de calda aplicado. Os resultados das perdas de defensivos agrícolas pulverizados em culturas como feijão e tomate foram elevados (Tabela 4).

Nas culturas de porte rasteiro, devido às características intrínsecas da forma de aplicação, existe uma clara tendência da deposição se concentrar na região do ponteiro das plantas. Em uma comparação de deposição proporcionada por diferentes bicos de pulverização na cultura do algodão, a deposição média foi significativamente decrescente da região apical (45%) para mediana (18%) e desta para a basal (7%) Scramin et al. (2002).

Tabela 4 - Eficiência da pulverização na distribuição de defensivos agrícolas, nas culturas de feijão e tomate

Cultura	Altura das plantas (cm)	Planta[1]	Solo[1]	Deriva[1]
Feijão	15	12	73	15
Feijão	35	44	41	15
Feijão	60	41	34	25
Tomate	40	36	28	35
Tomate	70	52	14	34

[1]Valores expressos em porcentagem de ingrediente ativo, em relação ao total aplicado.

Fonte: Chaim et al. (1999a).

A distribuição dos defensivos agrícolas em culturas de porte arbustivo foi observada em diferentes estádios de crescimento da cultura do tomate estaqueado. De certa forma, a cultura do tomate estaqueado serve como exemplo de pulverizações em que se aplicam grandes volumes de calda. Os dados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição percentual de defensivo agrícola, estimada para a cultura de tomate cultivado nos campos experimentais de Jaguariúna

Altura das plantas (cm)	Plantas	Solo	Deriva
50	24	39	37
110	35	20	45
160	41	29	30

Fonte: Chaim et al. (1999b).

A Embrapa desenvolveu um bocal eletrostático para pulverizadores motorizados costais e testes foram realizados, comparando as duas técnicas diferentes de pulverização na cultura do tomate estaqueado. Os equipamentos foram calibrados para aplicar a mesma dose de ingrediente ativo por hectare, mas com o pulverizador aplicando volume de calda de 1.000 L ha $^{-1}$, enquanto o eletrostático apenas 20 L ha^{-1}. Os resíduos encontrados nas diferentes regiões das plantas são apresentados na Tabela 6.

Observa-se que, apesar de se aplicar aproximadamente a mesma quantidade de ingrediente ativo, o pulverizador motorizado costal proporcionou um resíduo médio, nas plantas, 19 vezes maior do que o pulverizador hidráulico convencional.

Tabela 6 - Resíduos de defensivo agrícola verificados em diferentes regiões de plantas detomate estaqueado, tratadas com dois tipos de pulverizadores

Região da Planta	Pulverizador tradicional (μg cm^{-2})	Pulverizador Costal Motorizado Eletrostático (μg cm^{-2})
Inferior	0,11	1,61
Mediana	0,12	2,06
Superior	0,14	2,13
Resíduo médio	0,12	1,93

Fonte: Chaim et al. (1999b).

2.7 Cobertura

É a parte da superfície da área-alvo coberta pelo produto agrícola, expressa em porcentagem. Para os produtos que agem por contato, a cobertura do alvo tem que ser maior, pois possíveis áreas não atingidas podem propiciar o aparecimento de falhas significativas de controle. Já os produtos de ação sistêmica podem ser aplicados com uma cobertura menor, porém o suficiente para propiciar a transferência do ingrediente ativo para o interior do alvo. Assim sendo, os produtos de contato devem ser aplicados com uma pulverização mais fina que proporciona cobertura mais eficiente do alvo, ao passo que os produtos sistêmicos podem ser aplicados com gotas maiores, que apresentam maior resistência à deriva.

Outra forma de representar a cobertura do alvo é expressa em 'gotas por centímetro quadrado', isto é, o número de impactos da pulverização por unidade de área. Boa parte das recomendações técnicas de aplicação está baseada nesse critério, informando-se a faixa ou o número mínimo de gotas necessárias para um bom controle. O número de gotas produzidas por um dado volume de líquido é inversamente proporcional ao cubo do diâmetro das mesmas. Assim, o número médio (teórico) de gotas depositado por centímetro quadrado (n) de uma superfície plana pode ser calculado pela fórmula abaixo:

$$n = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{100}{d^2} . Q$$

em que:

d – diâmetro da gota (μm);

Q – volume de aplicação (L ha^{-1}).

2.8 Uniformidade de Distribuição

Ao se efetuar uma aplicação de defensivo agrícola, a finalidade é obter distribuição uniforme do produto em toda a área a ser tratada. Superfícies com quantidades de produto abaixo dos mínimos exigidos causam controle deficiente, como também quantidades excessivas podem causar desperdício de produto e problemas de fitotoxicidade, encarecendo o processo de aplicação. A uniformidade de distribuição está intimamente ligada à regulagem perfeita do equipamento, à velocidade de trabalho e ao ajuste ao caminhamento da máquina no campo.

Uma das formas de se quantificar a uniformidade de distribuição é através da análise da deposição do produto (seja em volume de líquido, quantidade de princípio ativo ou mesmo por densidade de gotas depositadas) na área ou mesmo ao longo da barra de pulverização. A uniformidade é expressa pelo 'coeficiente de variação' obtido nessa análise. Quanto menor esse índice (em porcentagem), mais uniforme é a distribuição do produto na área amostrada.

2.9 Eficácia da Aplicação

Muitas vezes, o alvo atingido pela pulverização não é exatamente a praga a ser combatida ou mesmo o ponto da praga onde o produto químico vai agir. Alguns insetos ficam fortemente protegidos sob a superfície das folhas ou mesmo junto às raízes e só vão ser atingidos de forma indireta pelo produto. Esse também é o caso de sementes de plantas daninhas que vão ser eliminadas quando da sua germinação em contato com a água do solo que está contaminada pelo herbicida. A relação entre o efeito biológico do produto sobre a praga a ser controlada e a quantidade de produto retido pelo alvo é considerada como 'eficácia de aplicação'. Vários autores citam aplicações com eficácia da ordem de 30% no caso de herbicidas de contato, de 30% a 60% com herbicidas sistêmicos e de índices muito baixos no controle de insetos (0,02% ou menos).

Considerando que as pragas, de um modo geral, necessitam de pequenas doses do ingrediente ativo para serem controladas, e tendo em vista que as quantidades aplicadas desses produtos são muito grandes, não é inverdade afirmar que a aplicação de defensivos agrícolas é um dos processos mais ineficientes até hoje praticado pelo homem. Esse importante processo pode e deve ser melhorado. Assim, um bom tratamento fitossanitário deve ser iniciado com

a melhoria da eficiência da pulverização, que envolve o conhecimento da máquina e as suas possibilidades para produzir a pulverização necessária, e com o aumento da eficácia dessa aplicação, que envolve o conhecimento das pragas (localização, exposição, estágio de desenvolvimento e grau de infestação) e dos produtos químicos utilizados (modo de ação, restrições de uso e doses necessárias).

2.10 Fatores que afetam a eficiência da aplicação

O objetivo principal de uma pulverização é aplicar a quantidade mínima de ingrediente ativo sobre o alvo, obtendo o máximo de eficiência sem contaminar as áreas adjacentes – não alvo. Os defensivos agrícolas precisam ser aplicados em áreas atacadas por pragas, doenças e plantas daninhas. O aumento da contaminação do meio ambiente devido à deriva de produtos químicos tóxicos tem causado frequentes condenações às pulverizações, principalmente quando os efeitos são visíveis. Para determinados inseticidas, os efeitos não são facilmente detectáveis; mas, para alguns herbicidas como o 2,4-D, certas plantas podem exibir os sintomas de intoxicação a quilômetros de distância devido à ação do vento. Por exemplo, resíduos de organofosforados foram detectados no leite proveniente de vacas alimentadas próximo à área tratada.

As perdas que ocorrem durante as aplicações de defensivos agrícolas são originadas por um conjunto de causas. Nas pulverizações com grandes volumes de calda, muitas gotas caem entre as folhagens das plantas, especialmente nos espaços entre as linhas da cultura e entre as plantas, atingindo o solo. Uma grande quantidade de gotas atinge as folhas, coalescendo e formando gotas maiores, que não conseguem mais ficar retidas, escorrendo para as partes inferiores das plantas e caindo finalmente no solo.

A pulverização com intenção de molhar totalmente as plantas é muito praticada atualmente, apesar de ter sido 'inventada' no século passado. Na prática, o que acontece nesse tipo de aplicação é que, uma vez que se inicia o escorrimento, a retenção dos produtos químicos pelas folhas é menor do que se a pulverização fosse interrompida exatamente antes do início do escorrimento. Esse ponto dificilmente é conseguido, e a quantidade de produto químico retida nas folhas é proporcional à concentração da calda e independe do volume aplicado. Se o objetivo for reduzir o volume de aplicação, exigir-se-á uma produção e distribuição adequadas de gotas e, nesse caso, as perdas por evaporação e deriva podem ser acentuadas.

Atualmente, as recomendações contidas nos rótulos das embalagens dos defensivos agrícolas deixam a seleção do volume de aplicação a critério do aplicador. Algumas recomendações dão opções entre 200 a 1.000 litros de calda por hectare. Na prática, o usuário utiliza um mesmo volume para uma grande variedade de pragas e para os vários estádios de crescimento da cultura. Quando a cultura se apresenta com pequena quantidade de folhas, o volume aplicado pode ser excessivo e, por outro lado, quando as plantas já estão desenvolvidas, o volume pode ser insuficiente para fornecer uma boa cobertura da cultura.

O volume de aplicação depende do tipo de tratamento que se deseja executar, mas apresenta uma forte relação com o tamanho das gotas produzidas pelos bicos, que determina a distribuição do defensivo no alvo. Pouca atenção tem sido dada ao tamanho das gotas e uma grande variedade de bicos tem sido utilizada ao longo dos anos. A maioria dos bicos produz espectro de gotas de tamanhos variados e, em muitos casos, as gotas grandes se chocam com as folhas mais expostas e não conseguem penetrar para se depositar nas superfícies 'escondidas' do vegetal. Essa deposição externa pode se dar em tal intensidade que acaba escorrendo para o solo, produzindo endoderiva. Por outro lado, as gotas pequenas, que são mais adequadas para penetração entre as folhas da planta, podem ser levadas pelo vento para fora da área tratada, provocando exoderiva e, além disso, são mais sensíveis à evaporação. O tamanho de

gota ótimo é aquele que promove o máximo de deposição de produto no alvo, com um mínimo de contaminação do meio ambiente.

A contaminação do solo pode provocar grandes variações nas populações de organismos não-alvo, principalmente aqueles que degradam a matéria orgânica e melhoram a fertilidade. Muitas vezes, essas perdas são responsáveis por desequilíbrios favoráveis ao aparecimento de novas pragas e doenças. Um solo contaminado pode ser levado pelas águas de chuva para rios, açudes e lagos, colocando em risco não só aquelas populações que vivem nesses sistemas, mas também os indivíduos que utilizam essa água para sua sobrevivência, como os animais e o próprio homem.

Para compensar as perdas que ocorrem durante as aplicações, as dosagens aplicadas são extremamente superestimadas. Brown (1951) já afirmava que, para matar um determinado inseto, era necessário apenas 0,0003 miligrama de um determinado produto; para controlar uma população de 1.000.000 de indivíduos (população que promovia dano econômico na cultura), seriam necessários apenas 30 miligramas do mesmo produto. Apesar disso, nas aplicações efetuadas no campo, eram utilizadas mais de 3.000 vezes a dose necessária para obter um controle adequado.

A aplicação de defensivos agrícolas tem sido caracterizada como uma ciência aplicada, de natureza multidisciplinar, envolvendo conhecimentos nas áreas de biologia, engenharia e química. A necessidade do conhecimento na área de biologia está relacionada, principalmente, aos níveis de controle, baseados em critérios econômicos, como a densidade crítica de plantas daninhas ou população máxima de determinados insetos. Os requisitos biológicos determinam os parâmetros como o tamanho e o número de gotas, bem como a concentração do agrotóxico, sendo que esses ainda podem variar de acordo com o alvo e o modo de ação do produto aplicado, para atingir um nível satisfatório de controle.

Vários fatores estão envolvidos na relação entre as gotas e o alvo, os quais, em função do número dessas interações, determinam a retenção ou a perda do agrotóxico. Dentre esses fatores, estão a forma do alvo, a natureza física da superfície e o ângulo de incidência das gotas em relação à superfície. Os fatores que influenciam o impacto e a retenção das gotas no alvo são o tamanho e a pressão com que se realiza a pulverização, além das condições micrometeorológicas durante a aplicação.

O tipo de formulação do produto, sua viscosidade, bem como o veículo líquido usado na pulverização também exercem uma importante influência na retenção das gotas pelo alvo. A eficiência do movimento da gota em direção ao alvo é influenciada tanto pelo processo de aplicação, como pelas características da formulação do produto. Nessa fase, a gota é influenciada pelas condições da natureza, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade vertical e horizontal do vento, turbulência do ar e pressão atmosférica.

3 Condições climáticas e qualidade da água para aplicação de defensivos agrícolas

As condições atmosféricas em diferentes horários do dia influenciam a eficiência dos tratamentos fitossanitários. Temperatura, umidade relativa do ar, ventos, chuvas, orvalho e luminosidade exercem grande influência sobre a eficiência dos defensivos agrícolas, e a observação desses fatores é de fundamental importância para o sucesso da operação.

A não observação de condições climáticas adequadas talvez seja hoje uma das maiores responsáveis pelo desperdício de defensivos no campo. A superfície do líquido é enormemente aumentada quando fragmentada em gotas, e perde a porção volátil por essa superfície. A água é um líquido volátil e evapora no trajeto entre a máquina e o alvo. Em condições tropicais de

alta temperatura, o fenômeno da evaporação das gotas é bastante problemático, agravando-se sobremaneira em dias mais secos, quando a umidade relativa do ar é baixa. Nessas condições, uma gota de água será convertida em vapor muito rapidamente, fazendo que aplicações com gotas médias ou pequenas muitas vezes não cheguem a atingir o alvo, desaparecendo antes.

Palladini e Souza (2004) quantificaram porcentualmente as diferenças negativas nos depósitos de pulverização em diferentes horários de aplicação com turboatomizadores (Figura 8) e verificaram menores porcentagens de depósitos sobre as folhas com o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar.

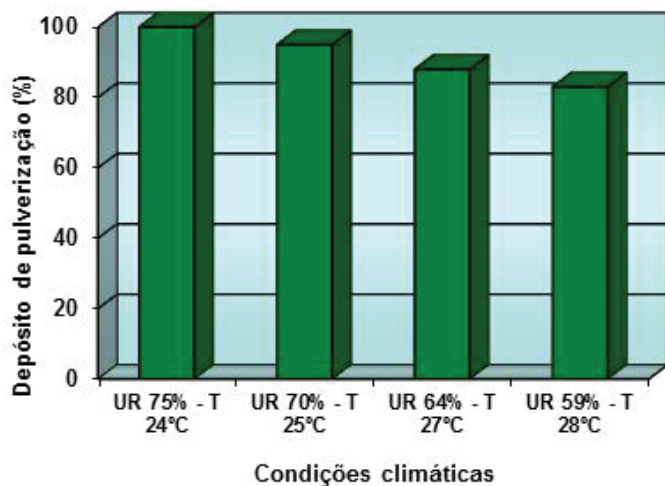



Figura 8 - Depósitos porcentuais de pulverização sobre folhas de maçã em diferentes condições ambientais no momento da aplicação.
Fonte: Palladini e Souza (2004).

3.1 Temperatura

A principal interferência que a temperatura elevada causa é o aumento do potencial de evaporação das gotas de pulverização. Normalmente a velocidade de evaporação de uma gota de água é duplicada se a temperatura aumenta de 10 °C para 20 °C ou de 20 °C para 30 °C, que seria o limite para realizar a aplicação. Além disso, temperaturas acima de 30 °C podem induzir as plantas a estresses, dificultando a absorção e a translocação dos defensivos. Por outro lado, aplicações realizadas com temperaturas menores que 10 °C podem também prejudicar a absorção e a translocação do defensivo, seja pelas características específicas do produto, seja pela mudança no metabolismo das plantas ou, ainda, pela integração desses fatores.

3.2 Umidade relativa do ar

A interferência da umidade do ar na aplicação é basicamente a mesma que ocorre com a temperatura, ou seja, quanto menor a umidade, maior o potencial para se perderem as gotas por evaporação. Menor umidade do ar também provoca menor absorção e translocação dos produtos aplicados. O ideal é que a umidade relativa do ar esteja acima de 60% para se obter uma boa aplicação.

Dentre os fatores ambientais, a umidade relativa do ar é o que, na maioria dos casos, mais influencia na eficiência de herbicidas. É um fator climático intimamente relacionado à temperatura, pois quanto maior a temperatura, menor é a umidade relativa do ar e vice-versa. Quanto menor a umidade relativa do ar e maior a temperatura, mais rapidamente ocorrerá o processo de evaporação dos líquidos em contato com o ar. Em uma aplicação de defensivo via

terrestre, as gotas percorrem uma distância de cerca de 0,50 m desde a saída do bico até o alvo e, nesse percurso, elas sofrem grande influência da umidade do ar, pois o tempo até sua completa evaporação é fortemente influenciado por esse fator climático. Quanto mais baixa for a umidade do ar, mais rapidamente as gotas evaporarão e, com elas, parte do defensivo aplicado.

O tempo de duração de gotas de diferentes tamanhos e em diferentes condições climáticas apresentado na Figura 9 mostra que, à medida que aumenta a temperatura e diminui a umidade relativa do ar, diminui a duração das gotas. Pela referida figura, constata-se também que, para determinado diâmetro da gota, ocorre diferença em sua duração ao se alterarem as condições ambientais.

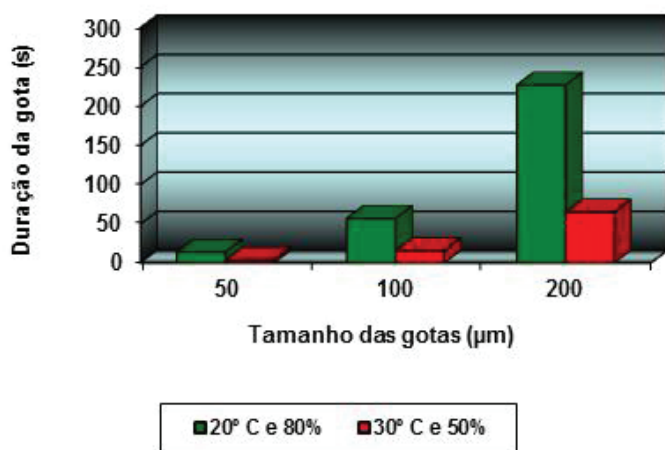



Figura 9 - Duração das gotas desde a saída do bico até sua completa evaporação, em função das condições climáticas (temperatura e umidade relativa) e do seu diâmetro.
Fonte: Matthews (1999).

Analisando a Figura 9, observa-se que, para gotas de 100 µm, a evaporação ocorre 57 segundos após a mesma ter saído do bico (20 °C e 80%). Já em condições climáticas adversas (30 °C e 50%), essa mesma gota evapora após 16 segundos. É importante ressaltar que diversos relatos científicos indicam que gotas com menos de 100 µm (consideradas como gotas pequenas) compõem uma proporção considerável do volume total aplicado, dependendo do bico e da pressão utilizada (Figura 10). Gotas com até 100 µm de diâmetro, nas condições citadas, dificilmente permanecerão tempo suficiente sobre as folhas para que o produto seja absorvido ou poderão nem atingir o alvo desejado.

3.3 Ventos

Os ventos locais, que são aqueles cuja intensidade e direção variam com o relevo e a época do ano, são os que mais influenciam a aplicação dos defensivos agrícolas. O movimento do ar varia com a altitude da área, tornando-se mais turbulento próximo à superfície do solo. Quanto mais acidentada a área, maior a turbulência. A condição ideal de vento para aplicação situa-se entre 3 a 8 km h^{-1}, o que, na prática, significa sentir uma leve brisa no rosto ou verificar uma pequena movimentação nas folhas das culturas. Ventos superiores a 8 km h^{-1} favorecem demasiadamente a deriva das gotas e ventos abaixo de 3 km h^{-1} podem fazer que as gotas (principalmente as finas) fiquem suspensas no ar e não consigam atingir o alvo desejado.

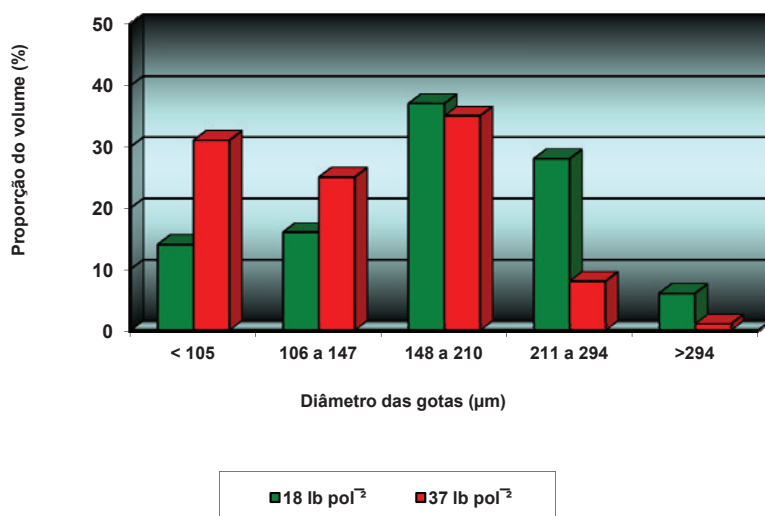



Figura 10 - Proporção do volume de calda formado pelas gotas de diversos diâmetros, produzidas por um bico leque 110.02 em função de diferentes pressões.
Fonte: Hofman e Solseng (1997).

Fatores como tamanho da gota e sua velocidade descendente, turbulência do ar e altura da barra afetam a distância que uma gota percorre antes de se depositar no alvo; porém a velocidade do vento normalmente é o fator mais crítico de todas as condições meteorológicas que afetam a deriva. Quanto maior a velocidade do vento, maior é a distância para fora do alvo que uma gota de um determinado tamanho será levada. Quanto maior a gota, menos afetada pelo vento será e mais rápido cairá; ventos fortes, entretanto, podem desviar gotas maiores para fora do alvo.

3.4 Chuva

Todo defensivo necessita de certo tempo para ser absorvido. Dessa forma, o conhecimento sobre as características do produto (principalmente absorção e translocação) é importante para saber qual o intervalo mínimo de tempo entre a aplicação e a ocorrência de uma chuva. Em aplicações foliares, se a chuva ocorrer antes que aconteça a absorção total do produto, esse pode escorrer e ser perdido no solo. Em aplicações no solo, pode ocorrer lixiviação do produto, isto é, ele pode descer no perfil do solo e sair da zona de absorção.

3.5 Orvalho

Orvalho é a formação de gotículas de água, que acontece com a diminuição da temperatura noturna. Se o alvo da aplicação for uma cultura ou planta daninha, a presença dessa água nas folhas pode resultar em maior diluição do produto ou, até mesmo, no escorrimento do mesmo, acarretando em diminuição da eficiência da aplicação. Aplicações realizadas em regiões de clima mais ameno são mais sensíveis a problemas com orvalho. Outro problema que pode ocorrer é o aumento da fitotoxicidade, devido ao efeito lente da gota na qual incide a luz solar.

3.6 Luminosidade

É uma condição inerente ao defensivo utilizado. Alguns produtos são fotodecompostos, isto é, são degradados pela ação dos raios solares, enquanto outros necessitam de luz solar direta para serem absorvidos. O conhecimento dessas características específicas é fundamental para a realização do planejamento da aplicação.

A partir das informações acima, podemos concluir que as melhores condições de aplicação ocorrem nas primeiras horas da manhã ou no final da tarde. Nesses períodos, as condições de temperatura, umidade relativa do ar e ventos são mais favoráveis, não só para a aplicação, mas também para a absorção dos produtos pelas plantas e pela menor ocorrência de perdas (Figura 11 e Tabela 7).

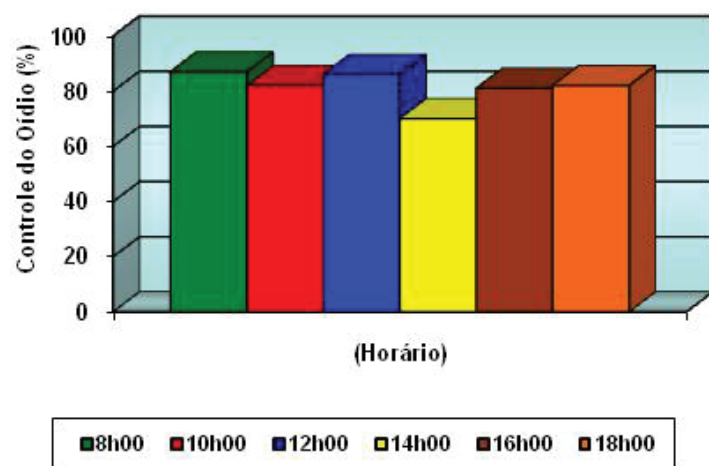



Figura 11 - Controle de oídio com difeconazole aplicado em diferentes horários do dia.
Fonte: Boller et al. (2003b).

Tabela 7 - Condições climáticas do ensaio sobre controle de oídio com difeconazole aplicado em diferentes horários

Horário do dia	Temperatura (°C)	U.R. (%)	Vel. ventos (Km h^{-1})
08h00	20,2	69	8,5
10h00	25,0	62	5,0
12h00	28,0	55	2,3
14h00	28,0	49	1,0
16h00	25,0	65	3,5
18h00	19,5	77	3,0

Fonte: Boller et al. (2003b).

4 Qualidade da água para aplicação de defensivos agrícolas

4.1 Água e seus efeitos sobre os defensivos

É muito comum o atendimento de reclamações de que os tratamentos não apresentaram o resultado esperado, sendo provável que, muitas vezes, são casos em que as águas utilizadas contêm minerais (sais), que concorrem com os produtos, comprometendo a eficiência destes. É importante levar em conta que a água contém inimigos ocultos, sendo eles a alcalinidade, a quantidade e a qualidade dos sais dissolvidos, que alternam o funcionamento normal dos produtos. Esses inimigos começam a agir silenciosamente desde o momento em que os produtos são acrescentados à água, resultando em prejuízo ao produtor.

4.2 pH

O pH é uma medida de acidez ou de alcalinidade de uma solução em uma escala que vai de 0 a 14. O valor de pH vai depender da concentração relativa dos íons hidrogênio e hidroxilas que possui a solução. A presença de mais quantidade relativa de íons hidrogênio vai resultar em uma solução com reação ácida e, no caso de mais íons hidroxilas, o resultado será uma reação alcalina. Dessa maneira, uma solução com pH menor de que 7 é ácida, igual a 7 é neutra e maior que 7 alcalina. Essas leituras são obtidas através de pHgâmetro, papel tornassol e kits de reação.

O pH da água influencia a disponibilidade de íons em suspensão, capazes de reagir com o ingrediente ativo e interferir assim em sua estabilidade físico-química. Além disso, em pH muito ácido, pode ocorrer a degradação de alguns ingredientes ativos ou haver interferência nas propriedades físicas de algumas formulações (Tabela 8). Por outro lado, o pH elevado poderá promover a hidrólise alcalina, quebrando a molécula de alguns ingredientes ativos em compostos inativos. Por exemplo, uma cipermetrina dissolvida em água com pH 9,0 perde, em 2 horas, 55% do seu princípio ativo e, em 24 horas, 90%. Esse problema irá incrementar-se e será mais rápido quanto mais alta for a quantidade de minerais dissolvidos na água.

É preciso selecionar fontes de água limpa e sempre dar atenção ao uso de filtros, evitando a entrada de detritos durante o processo de abastecimento.

Tabela 8 - Controle de *Brachiaria plantaginea* com a utilização do herbicida sethoxydim com e sem correção do pH da calda e com adição de diferentes óleos

Tratamentos	pH da calda	Controle (% aos 30 D.A.A.)
Sethoxydim (184 g i.a. ha^{-1}) + Assist	5,1	88 b
Sethoxydim (184 g i.a. ha^{-1}) + Assist + Ácido	4,0	98 a
Sethoxydim (184 g i.a. ha^{-1}) + Oppa	5,3	90 b
Sethoxydim (184 g i.a. ha^{-1}) + Oppa + Ácido	4,0	97 a
Sethoxydim (184 g i.a. ha^{-1}) + Natur'Óleo	5,3	92 a
Sethoxydim (184 g i.a. ha^{-1}) + Natur'Óleo + Ácido	4,0	96 a

Obs.: Água com pH original de 6,9, ajustado para 4,0 com adição de 22 mL de ácido muriático 100 L^{-1} de calda. Sulfato de amônia e óleo mineral nas proporções de 2,0% v/v e 0,5% v/v, respectivamente. D.A.A. = dias após a aplicação. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Ruedell (1995).

4.3 Dureza da água

Nas águas duras, geralmente ocorrem íons e sais de cálcio, magnésio e outros, cuja presença afeta a eficiência dos defensivos, pois desestabilizam as formulações e se ligam às moléculas dos ingredientes ativos, formando compostos insolúveis e de pouca ou nenhuma atividade.

A dureza é informada com base na quantidade de sais de cálcio e magnésio dissolvidos na água, sendo expressa em unidades equivalentes de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Embora existam diversas normas para avaliar essa característica (NBR 12621/92; ISSO 6059; EPA 130.2; ASTM 1126-02), não há um padrão único na classificação da dureza das águas. A Tabela 9 ilustra uma das graduações

mais utilizadas, cuja classificação é citada com frequência em publicações que descrevem o efeito de águas duras na eficiência de defensivos agrícolas.

Para determinar a dureza da água, é necessária a análise da dureza cálcica em laboratório.

Tabela 9 - Classificação de dureza da água, com base na concentração de carbonato de cálcio ($CaCO_3$)

Classificação	Escala Internacional (mmol L^{-1})	Escala Americana (ppm)	Escala Europeia (°dH)
Leve	< 1,6	< 160	< 9
Moderadamente dura	1,6 - 3,2	160 - 320	9 – 18
Dura	3,2 - 4,6	320 - 460	18 – 26
Muito dura	> 4,6	> 460	> 26

* Equivalência entre as escalas: 1 mmol L^{-1} = 100 ppm = 5,6 °dH

Fonte: Nielsen Technical Trading (2007).

Alguns herbicidas podem diminuir sua eficiência quando aplicados com águas duras, tais como os pertencentes ao grupo químico dos bipiridilos (paraquat e diquat) e das ciclohexanodionas (cletodim, sethoxydim e outros), além dos produtos 2,4-D amina, bentazon, glufosinato de amônio e glyphosate (Tabela 10).

Tabela 10 - Poder desativador do glyphosate, em função do tipo de íon presente na água

Íons	Poder desativador do glyphosate
Ferro (Fe^{+++}) e Alumínio (Al^{+++})	Muito severo
Cálcio (Ca^{++}) e Zinco (Zn^{++})	Severo
Magnésio (Mg^{++})	Moderado
Potássio (K^{+})	Nenhum

Fonte: Marcão e Roncato Netto (2003).

Quando um produto à base de glyphosate é acrescentado a um tanque com água, vai se dissociar em seus componentes iônicos em equilíbrio com os outros íons. Conhecendo-se a dureza da água, pode-se calcular a porcentagem de glyphosate que será inativada por ação do cálcio, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\%\ \text{complexada} = \frac{\text{VaHa x Dureza Ca x 0,00047}}{\text{Dose de glyphosate}}$$

Em que:

VaHa – Volume da água em L ha^{-1};

Dureza Ca – Dureza da água baseada no cálcio, em ppm. Geralmente as análises de laboratório apresentam o resultado em ppm de $CaCO_3$, sendo necessária a transformação (ppm de $CaCO_3$/2,5 = ppm de Ca);

Dose de Glyphosate = dose do produto, em ingrediente ativo (kg ha^{-1}).

4.4 Pureza da água

A presença de compostos orgânicos ou de argila em suspensão pode influenciar significativamente o desempenho de alguns ingredientes ativos (como os herbicidas diquat, paraquat e glyphosate), os quais podem ser parcialmente inativados com água em tais condições. Da mesma forma, se as plantas alvo estiverem cobertas com poeira ou calcário, o mesmo efeito pode ocorrer. Esse processo de inativação é agravado ainda mais se a calda permanecer no pulverizador por tempo superior a uma hora.

Além desse efeito, a presença de partículas pode provocar o entupimento de bicos e o seu desgaste prematuro quando essas partículas forem compostas de areia ou silte. É preciso selecionar fontes de água limpa e sempre dar atenção ao uso de filtros de linha, evitando a entrada de detritos durante o processo de abastecimento.

4.5 Poder Tampão da Água – alcalinidade

É a capacidade que a água apresenta de neutralizar ácidos a ela adicionados. Essa característica é importante em águas que atravessam rochas calcáreas. Nesse caso, os redutores de pH têm dificuldade de funcionamento e é preciso utilizar produtos que atuem sobre os agentes tamponantes presentes na água. Na Tabela 11, é apresentado um pequeno guia prático para solução de problemas relativos à qualidade da água nas aplicações de defensivos agrícolas.

5 Considerações sobre a deriva

Deriva é o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado para aplicação. A área afetada pode ser outra cultura, um jardim ou qualquer outra vegetação dentro da faixa de aplicação do defensivo. Na maioria dos casos, esse movimento é limitado às extremidades da área ou próximo a ela. Porém, sob determinadas condições, o deslocamento do produto para fora do alvo pode afetar áreas mais distantes. Os problemas acontecem quando esse movimento afeta uma cultura sensível ou a propriedade de outra pessoa.

Tabela 11 - Guia prático de solução de problemas relativos à qualidade da água nas aplicações de defensivos agrícolas

Item	Problema	Solução
Água suja	- Inativação de produtos - Entupimento de bicos - Desgaste prematuro	- Mudar a fonte - Usar peneiras - Atenção aos filtros - Aplicar a calda imediatamente - Usar doses maiores

Água dura	- Inativação de formulados salinos (Ex.: 2,4-D amina, clethodim, glyphosate, setoxydim)	- Mudar a fonte - Usar 2,4-D éster e adicionar surfactante não iônico - Utilizar sequestrante de cátions - Usar doses maiores - Usar sulfato de amônia com glifosate (3,0 kg 100 L^{-1}) - Aplicar imediatamente após o preparo - Reduzir o volume de água ao mínimo
pH > 7,0	- Hidrólise alcalina	- Usar redutor de pH - Aplicar imediatamente
pH 6,1 - 7,0	- Inativação do ingrediente ativo (Ex.: sulfonilureias)	- Aplicar até 1 a 2 horas após o preparo da calda
pH 3,5 - 6,0	- Inativação do ingrediente ativo	- Aplicar até 12 horas após o preparo da calda

Fonte: Guarido (2005).

5.1 Tipos de deriva

Deriva é frequentemente associada com o movimento físico das gotas pulverizadas para fora do local designado na hora de aplicação. Esse tipo de deriva, comumente chamada de deriva aerotransportada, é o resultado de fatores associados aos métodos de aplicação e ao equipamento. Deriva aerotransportada simplesmente pode ser um deslocamento da névoa pulverizada a distâncias não superiores a 10 metros do ponto de produção das gotas. As gotas menores, entretanto, podem ser deslocadas a milhares de metros e depositadas em locais não desejados. As gotas menores podem evaporar na atmosfera e deslocar-se a grandes distâncias. As gotas evaporadas normalmente não causam problemas significantes porque são dispersas em cima de grandes áreas. A deriva aerotransportada pode ser reduzida com um julgamento correto e a adequada seleção e operação do equipamento de aplicação.

A deriva, às vezes, acontece até mesmo dias depois que a aplicação foi feita. Esse tipo de deriva, normalmente chamada de deriva de vapor, é comumente associado à volatilização (mudança do estado líquido para gasoso) do defensivo com movimento subsequente para fora da área designada. A deriva de vapor só se torna uma preocupação significante se o produto aplicado for altamente volátil e as condições atmosféricas se tornarem favoráveis à vaporização rápida do defensivo.

Embora possamos determinar onde acontece e qual sua causa, a deriva é indesejável, pois pode resultar em:

a) uso ineficiente de equipamento de aplicação e do tempo do operador;

b) subdosagem do produto e, consequentemente, controle ineficaz do problema fitossanitário que conduzem a aplicações adicionais, baixo rendimento e custos de produção mais altos;

c) necessidade de aumento da dosagem do produto para compensar a perda por deriva e assegurar o nível de controle desejado;

d) perdas financeiras com ações na justiça por danos a culturas sensíveis adjacentes;

e) contaminação não intencional de comestíveis por resíduos do defensivo que podem resultar em destruição obrigatória da colheita;

f) poluição de ar e de recursos de água;

g) problemas para saúde e segurança do ser humano e de populações de gado e outras criações.

5.2 Fatores que afetam a deriva

A deriva é influenciada por muitos fatores que normalmente podem ser agrupados em quatro categorias:

1. características da pulverização;
2. equipamento e técnicas de aplicação usadas;
3. clima;
4. cuidados na operação e na habilidade do operador.

A seguir, apresenta-se uma discussão geral desses fatores que têm um papel primário na produção da deriva.

Tamanho da gota

O tamanho da gota produzida é, sem dúvida, o fator mais importante que afeta a deriva. Os diâmetros das gotas são medidos em micrômetros (μm). Um micrômetro é 1/1.000 do milímetro e normalmente é chamado um mícron. Para referência, a espessura de um cabelo humano ou uma folha de papel é aproximadamente 75 μm. Em geral, quanto menor o diâmetro da gota, maior tempo de permanência no ar e maior probabilidade de ser transportada pelo vento.

A pesquisa mostra que há uma diminuição rápida no potencial de deriva para gotas de diâmetros maiores que 150 μm ou 200 μm. O potencial de deriva para determinados diâmetros de gota é insignificante, dependendo da velocidade do vento, mas é problemático quando se considera a faixa de 150 μm a 200 μm e velocidades de vento entre 2 km h^{-1} e 15 km h^{-1} (BODE, 1984). Gotas menores podem ser deriváveis por longas distâncias devido a seu baixo peso.

Tipo e tamanho do bico

A maioria dos pulverizadores agrícolas atuais usa bicos hidráulicos para atomizar o líquido em gotas. Bicos hidráulicos produzem um amplo espectro de tamanhos de gotas que variam de 10 μm a 1.000 μm. A deriva pode ser minimizada com o uso de bicos que produzam gotas relativamente grandes, mas que ainda permitam uma boa penetração e cobertura do alvo.

Por exemplo, ponta defletora ou cone cheio de grande abertura angular produzem poucas gotas propensas à deriva quando comparadas às pontas de cone vazio e jato leque convencional. Os primeiros, entretanto, não permitem bom controle quando aplicam herbicidas de contato, inseticidas e fungicidas. É provável que se continue usando outras pontas para aplicação desses tipos de produtos, embora elas aumentem o risco de deriva. Felizmente, fabricantes de pontas de pulverização desenvolveram uma família nova de 'pontas de baixa deriva' que são capazes de produzir gotas relativamente grandes com uma cobertura de pulverização adequada.

Quando o tamanho do orifício da ponta aumenta, em geral, o tamanho da gota também aumenta, enquanto o percentual de volume com gotas pequenas diminui; contudo têm-se preferido bicos de menor capacidade de vazão, pois eles requerem menor volume de calda por área.

Orientação do bico

A orientação do bico não é crítica para aplicações no solo (barra), mas extremamente importante para redução de deriva em aplicações aéreas. Quando um bico estiver para trás, no sentido contrário ao movimento do trator, são produzidas gotas maiores. O mesmo bico produz gotas médias quando apontado para baixo, e gotas finas quando apontado para o sentido do deslocamento.

Altura da pulverização

Gotas menores têm baixa energia inercial, tornando-se altamente susceptíveis à deriva. Além disso, a velocidade do vento é normalmente maior, quanto maior for a altura do solo. Então, quanto mais próximos do solo estiverem os bicos, menor probabilidade de ocorrer deriva; porém, abaixando-se a barra sem fazer ajustes nos espaçamentos dos bicos, pode-se produzir uma faixa de pulverização irregular, com faixas sem tratamento, principalmente se forem usadas pontas de jato leque. Esse problema pode ser reduzido usando-se uma ponta de maior ângulo; todavia pontas de ângulos maiores produzem gotas menores que as gotas produzidas por pontas de ângulos menores, quando do mesmo tipo e operando à mesma pressão e taxa de fluxo.

Pressão de pulverização

A pressão de pulverização exercida sobre o bico hidráulico fornece energia para quebrar o fluxo do líquido em gotas, sendo um fator fundamental para regular o tamanho da gota pulverizada. Em geral, maiores pressões produzem gotas menores. Um estudo com um bico demonstrou que o aumento da pressão de 20 PSI para 40 PSI mais que dobrou o volume de gotas menores que 100 μm. Reduzindo a pressão, a deriva será reduzida, pois gotas maiores serão formadas, mas quando operamos um bico abaixo da pressão recomendada, a cobertura efetiva será afetada, resultando em uma sobreposição inadequada e uma má distribuição ao longo da barra. A faixa de pressão indicada para uma ponta de jato plano convencional é de aproximadamente 30 PSI a 50 PSI (de 2 a 3,5 bar). Recentemente, porém, os fabricantes de bicos de pulverização introduziram pontas que podem ser usadas a pressões de 15 PSI (1bar), com pequena redução na qualidade da distribuição.

Formulação química

Uma pulverização mais grossa pode ser alcançada aumentando a viscosidade da calda de pulverização. Resultados de aumento de viscosidade do líquido com o objetivo de reduzir as gotas mais finas, propensas a deslocamentos pelo vento, podem ser obtidos. Muitos aditivos podem ser acrescentados a uma mistura de tanque para aumentar sua viscosidade.

Existem muitas ‘substâncias químicas de redução de deriva’ comercialmente disponíveis para os agricultores. Esses produtos normalmente são algum tipo de polímero de cadeia longa ou goma que aumentam a viscosidade da calda a ser pulverizada. Infelizmente, a informação relacionada ao desempenho de tais produtos está limitada.

Pesquisadores no Estado de Ohio (EUA) testaram cinco substâncias químicas de adjuvantes para verificar seus efeitos no tamanho das gotas, na distribuição da pulverização e na redução da deriva. Eles pesquisaram a redução do volume de pulverização contido nas gotas pequenas para caldas que contêm água, comparando a mistura água + redutores de deriva. Em comparação à calda somente com água, todos os redutores de deriva testados reduziram o volume e o percentual de gotas mais finas, porém com intensidades variadas. Por exemplo, a redução de volume de gotas menores que 100 μm variaram de 30% com o produto menos efetivo, para 68% com o produto mais efetivo.

Alguns estudos identificaram que determinados polímeros tendem a ser alterados quando atravessam uma bomba de pulverizador, como acontece com os sistemas By Pass dos pulverizadores (equipados com bomba de deslocamento positivo), em que o sistema de agitação funciona frequentemente. Isso significa que os redutores de deriva perderiam sua habilidade em aumentar o diâmetro das gotas e, com isso, reduzir o potencial de deriva, quando os tanques esvaziassem. Gomas não são tão facilmente alteradas quanto os polímeros de cadeia longa, e alguns tipos de polímeros (óxido de poli-ethileno) são alterados em menos passagens por uma bomba que outros tipos de polímeros (poliacrilamidas).

Embora substâncias químicas de redução de deriva sejam efetivas ao reduzir o número de gotas propensas ao deslocamento, na maioria dos casos, o mais efetivo é selecionar o tamanho e o tipo de

bico a ser usado e operar pulverizadores a baixas pressões. Dessa forma, produz-se o tamanho de gota desejado em lugar de tentar aumentar o tamanho da gota com essas substâncias químicas de redução de deriva.

Evaporação

Como carregadores de água, as gotas se tornam menores à medida que caem por causa da evaporação. Para aplicações com pulverizadores de barra, gotas iguais ou menores que 50 μm evaporarão completamente antes de alcançarem o objetivo, permitindo que o produto puro se disperse. Gotas maiores que 200 μm não terão nenhuma redução significativa em tamanho antes de alcançar o alvo. A evaporação das gotas entre 50 e 200 μm é significativamente afetada pela temperatura, pela umidade e por outras condições do tempo. Além disso, algumas formulações de defensivos são mais voláteis que outras.

O tempo pode influenciar o movimento do produto para fora do alvo. Vários fatores associados ao microclima no local de aplicação podem contribuir para o aumento ou a diminuição da deriva. Esses fatores incluem: a) vento (velocidade e direção); b) umidade relativa e temperatura do ar; c) estabilidade atmosférica e inversões. Os impactos que os fatores climáticos têm sobre a deriva se relacionam às gotas de diâmetro inferiores a 150 μm. Se as gotas menores são eliminadas, o efeito do clima sobre a deriva é consideravelmente reduzido.

Velocidade e direção do vento

Fatores como o tamanho da gota e sua velocidade descendente, turbulência de ar e altura da barra afetam a distância que uma gota percorre antes de se depositar no alvo. A velocidade do vento normalmente é o fator mais crítico de todas as condições meteorológicas que afetam a deriva. Quanto maior a velocidade de vento, maior distância para fora do alvo uma gota de um determinado tamanho será levada. Quanto maior a gota, menos afetada pelo vento será e mais rápido cairá. Porém ventos mais fortes podem desviar gotas maiores para fora do alvo. Assim sendo, a pulverização deve ser interrompida se a velocidade do vento for excessivamente alta.

A direção do vento é tão importante quanto a velocidade na redução do dano causado pela deriva. A presença de vegetação sensível próximo ao local de pulverização, particularmente na direção do vento (*downwind*), é um dos primeiros fatores a ser avaliado, mas é frequentemente negligenciada ao se iniciar uma pulverização. Deve-se verificar a direção do vento, se este se direciona às culturas sensíveis, e estar alerta às mudanças na direção de vento durante a aplicação. Se há culturas sensíveis próximas, deixar uma faixa de segurança sem aplicar de, pelo menos, 30 metros ou a que o rótulo recomendar. Pulverizar mais tarde quando as condições melhorarem.

Umidade e temperatura

Umidade relativa e temperatura atuam juntas, afetando a deriva. Mesmo não sendo fatores tão críticos quanto a velocidade dos ventos, elas têm uma forte influência em algumas regiões geográficas ou sob determinadas condições climáticas. Assim como uma partícula cai no ar, a superfície das moléculas de água evaporam na atmosfera. Essa evaporação reduz o tamanho e a massa da partícula, permitindo que permaneça mais tempo no ar e, sob certas condições, desloque-se para mais longe do local de aplicação. A velocidade com que a água evapora das partículas pulverizadas depende, principalmente, da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente.

Uma gota de 100 μm requer pouco mais de 5 segundos para cair 1,5 m em queda livre, se nenhuma evaporação acontecer. Porém, sob ar relativamente seco e morno (por exemplo, 30% de umidade relativa e 26 °C), a mesma gota de 100 μm perde água depressa por evaporação e seu diâmetro se reduz à metade do original (um oitavo de seu volume original) enquanto cai só 0,8 m. As perdas por evaporação ocorrem sob a maioria das condições atmosféricas, mas são menos

pronunciadas sob as condições ambientais que acontecem nas horas mais frescas do dia – início da manhã e fim de tarde. A umidade relativa é normalmente mais alta durante os períodos frescos.

A temperatura influencia a deriva de outras maneiras, além de seu efeito na perda por evaporação das gotas. A volatilidade do produto aumenta com o acréscimo da temperatura. Temperatura também influencia na turbulência do ar atmosférico, na estabilidade e nas inversões – que afetam a deriva.

Estabilidade atmosférica

Estabilidade atmosférica é um importante fator que influencia a presença da deriva. Sob condições meteorológicas normais, as temperaturas do ar diminuem em torno de 0,6 °C para cada 100 m de altitude. Ar mais fresco tende a descer, deslocando o ar mais morno para baixo, produzindo uma mistura no sentido vertical. Enquanto a camada de ar mais quente sobe, as gotas suspensas também sobem e se dissipam nas camadas superiores pela natural turbulência vertical. Sob essas condições, a possibilidade de dano às culturas por deslocamento é pequena, pois o defensivo é espalhado e diluído na atmosfera.

Outros problemas podem surgir quando a atmosfera for muito estável. Sob condições estáveis, uma camada de ar morna pode se formar, segurando o ar mais frio abaixo. Esse fenômeno é normalmente chamado de inversão atmosférica ou inversão térmica. As partículas suspensas na camada fresca não podem se mover a não ser lateralmente, talvez por vários quilômetros. Eventualmente, a nuvem suspensa pode encontrar vento para baixo, deslocando-se para uma cultura sensível. Inversões são parte de um ciclo atmosférico diário, ocorre no início da manhã quando o solo esfria o ar imediatamente acima dele. Inversões tendem a se dissipar durante o meio do dia, quando as correntes se misturam às camadas de ar. Os operadores, sabendo disso, deveriam esperar até o fim da tarde ou o início da noite para pulverizar, quando as condições são mais favoráveis e há menos chance de ocorrer inversão atmosférica.

Novamente, o melhor modo para evitar deriva associada às inversões atmosféricas é eliminar a formação de partículas pequenas (150 μm ou menor) na pulverização produzida. Se essas partículas não foram emitidas pela pulverização, o fenômeno relatado pode ser ignorado.

Habilidade e cuidados do operador

Sob determinadas situações de pulverização, qualquer um dos fatores anteriormente citados pode ser o mais crítico na redução da deriva. No final das contas, é o aplicador que determina o fator crítico e toma as devidas precauções para evitá-lo. Exercitando o bom senso, na escolha do equipamento e dos fatores climáticos para cada aplicação, na maioria dos casos, os operadores podem minimizar o potencial de deriva.

6 Estratégias para redução da deriva

Os operadores conscienciosos e experientes raramente entram em sérias dificuldades com danos causados por deriva, porque eles compreendem a deriva e adotam medidas para evitá-la. Algumas estratégias para redução da deriva, nas diferentes situações de pulverização, podem aqui ser relacionadas:

Pulverizadores de Barra

a) Sempre que possível, utilizar bicos que produzam gotas maiores, desde que a eficiência biológica seja mantida;

b) Manter a barra o mais próximo possível do alvo;

c) Usar maior volume de calda e utilizar bicos de maior orifício;

d) Usar a pressão de operação mais baixa possível e conferir a precisão desta medida;

e) Usar redutores químicos de deriva caso não seja possível controlá-la com a seleção do bico;

f) Seguir recomendações do rótulo para evitar a deriva dos defensivos mais voláteis;

g) Evitar pulverizar em dias extremamente quentes e secos, especialmente se for próximo a vegetações sensíveis;

h) Não pulverizar quando as condições forem favoráveis a uma inversão atmosférica;

i) Embora a intensidade da deriva seja uma função de muitos outros fatores como tamanho das gotas, umidade relativa, temperatura e altura da barra, é melhor não pulverizar quando as velocidades do vento forem maiores que 8,0 km h^{-1};

j) Evitar pulverizar próximo a áreas sensíveis localizadas na direção do vento. Deixar uma faixa de segurança de 30 metros de largura e pulverizar mais tarde quando o vento reduzir;

k) Ter a certeza de manter bons registros (velocidade de vento e direção, temperatura, umidade relativa etc.) e avaliar os resultados da pulverização;

l) Novas exigências dos rótulos podem usar um modelo de deriva para dimensionar a largura da faixa de segurança a ser adotada. Usar menores velocidades de trabalho (e menor altura da barra) e usar bicos que produzam as maiores gotas possíveis próximo a áreas sensíveis. Isso reduzirá a largura da faixa de segurança. Entretanto, se a distância da área sensível aumenta, os bicos podem ser mudados para produzir gotas menores, se desejado, a altura da barra pode ser elevada e a velocidade pode ser aumentada;

m) Selecionar o momento em que a deriva tende a ser menor para pulverizar os locais mais próximos a áreas sensíveis;

n) Alguns rótulos de defensivos agrícolas já informam quais os espectros de tamanho de gotas mais adequados para utilização. Cuidadosamente conferir o rótulo para determinar a classe de tamanho de gotas ideal e escolher o bico certo para produzir a pulverização.

Pulverizações em pomares e vinhedos

Muitos dos princípios utilizados para reduzir a deriva nos pulverizadores de barra se aplicam aos turbopulverizadores. Com os turbopulverizadores, deve-se lembrar que as gotas são produzidas a uma altura em que a cortina de ar não mais controla a trajetória das gotas e o vento começa a desviar do alvo,em alguns casos, para vários metros acima da copa das árvores. Algumas das práticas para reduzir a deriva são as seguintes:

a) desligar o pulverizador quando não há nenhuma árvore presente;

b) manter o pulverizador o mais perto possível do alvo;

c) reduzir o percentual de gotas menores; porém lembrar que o objetivo de pulverizar é controlar pragas. Gotas maiores podem não fornecer o controle desejado, sem aumentar a taxa de aplicação;

d) regular o ar da turbina (volume e direção) e os bicos para a pulverização das árvores;

e) usar técnicas especiais próximo às áreas sensíveis, especialmente para as últimas ruas pulverizadas,a saber: usar gotas maiores; usar técnicas para dirigir melhor a pulverização ao alvo, como pistolas manuais; pulverizar as últimas ruas somente contra o vento; aguardar os momentos de menor vento; usar medidas especiais ou equipamentos para criar barreiras (pulverizador de túnel de vento etc.).

Aplicação aérea

Em muitos casos, experimentos têm mostrado que a pulverização aérea, seja por aviões ou por helicópteros, produz mais deriva que outros métodos de aplicação. Isso é causado pela elevada velocidade de trabalho, os vórtices de ponta-de-asa que tendem a transportar as gotas para acima das asas e a altura de aplicação. Há somente poucas opções disponíveis para reduzir a deriva quando da pulverização por aeronaves. A mais simples e efetiva estratégia para reduzir a deriva, nesses casos, é ter operadores que sejam treinados adequadamente para tomar boas decisões de quando pulverizar e quando parar a pulverização. Eis aqui outras recomendações:

a) reduzir ao máximo possível a altura de aplicação sem comprometer a segurança;

b) usar cuidadosamente o deslocamento lateral da pulverização, calcular o quanto distante o vento poderá carregar a faixa de deposição principal e planejar suas faixas de aplicação para possibilitar esses ajustes;

c) usar instrumentos de posicionamento global no avião para auxiliar na certeza de que está pulverizando a área correta e na seleção das faixas corretas;

d) escolher o maior tamanho de gota que produzirá o efeito biológico desejado;

e) colocar os bicos para trás (em direção à cauda da aeronave) para reduzir a formação de gotas pequenas.

7 Pulverização ou geração de gotas

7.1 Processos de geração de gotas

Todos os pulverizadores têm três pontos em comum: a) armazenam o líquido em um recipiente ou ‘tanque’; b) apresentam um sistema de alimentação por gravidade ou bombas de pressão; c) necessitam de pontas de pulverização. A ponta, comumente chamada de bico de pulverização, é, estritamente, o final de um conduto pelo qual o líquido emerge na forma de jato. Neste capítulo em particular, o termo bico é usado com um sentido mais amplo e pode ser qualquer dispositivo pelo qual o líquido é emitido, quebrado em gotas e dispersado a determinada distância.

O propósito geral da pulverização é aumentar a área de superfície de uma massa líquida para facilitar a ação de determinados processos físicos ou químicos. Na agricultura, o processo pode ser o de dispersar um volume de líquido em um determinado volume de ar muito maior, ou de dispersar o volume em uma grande área, de maneira que a área de superfície expandida do líquido seja transferida para a outra área.

A pulverização ou a quebra do líquido em gotas é, primeiramente, uma função da aplicação de uma força maior que a força de tensão superficial do líquido, para criar uma superfície extremamente expandida na forma de gotas. Esse fenômeno demanda energia, e o dispositivo usado para quebra do líquido – a ponta – tem, na maioria dos casos, sua potência fornecida por máquinas. As pontas de pulverização têm sido classificadas, de acordo com a fonte de energia para produção de gotas, em a) bicos de energia centrífuga ou bicos centrífugos, b) bicos de energia gasosa ou bicos pneumáticos, c) bicos de energia elétrica ou bicos eletro-hidrodinâmicos e d) bicos de energia hidráulica ou bicos hidráulicos. Como a quase totalidade das aplicações em hortaliças são realizadas com a utilização dos bicos hidráulicos, daremos ênfase a eles.

7.2 Bicos hidráulicos

Todo sistema de pulverização hidráulico completa o processo nas pontas (bicos) de pulverização. Eles são o órgão final que tem por função formar as gotas e distribuí-las de forma adequada. Habitualmente o termo 'bico de pulverização' é utilizado como sinônimo de 'ponta de pulverização'. Esses termos, entretanto, correspondem a estruturas diferentes. O bico é composto por todo o conjunto com suas estruturas de fixação na barra (corpo, peneira, ponta e capa), enquanto que ponta corresponde ao componente do bico responsável pela formação das gotas.

Os bicos hidráulicos extraem a energia para a pulverização da pressão a que o líquido é submetido e, atualmente, são os mais utilizados no mundo para aplicação de defensivos agrícolas. Uma bomba hidráulica ou tanques pressurizados são utilizados para suprir a energia necessária para a pulverização. Os bicos hidráulicos podem ser subdivididos em grupos, que basicamente descrevem as características do jato emitido e, assim sendo, existem bicos de jato cônico-cheio, bicos de jato cônico-vazio e bicos de jato em leque (Figura 12).

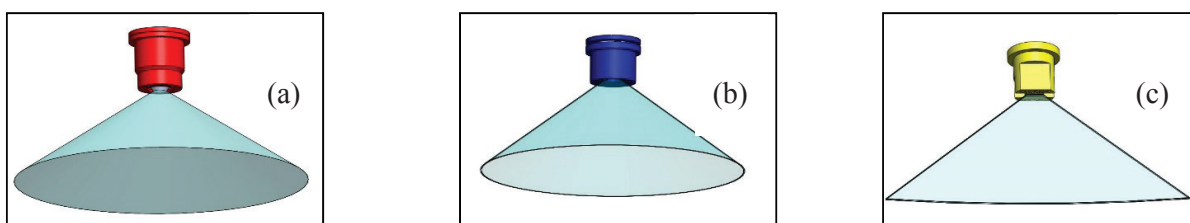



Figura 12 - Jatos cone cheio (a), cone vazio (b) e leque (c).
Fonte: Magmojet (2018).

Um bico cone é constituído de diferentes peças, conforme apresentado na Figura 13.

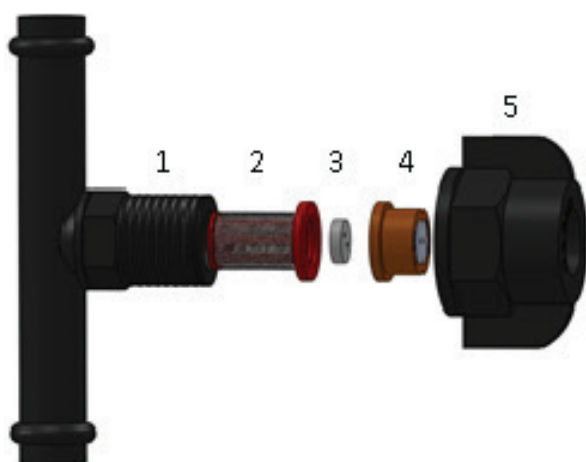



Figura 13 - Constituição do bico cone: 1- corpo, 2- filtro, 3 - núcleo, 4 - disco, 5 - capa.
Fonte: Magnojet (2018).

O bico de jato cônico possui um dispositivo interno com uma ou mais aberturas, o qual, em inglês, é denominado de *core* e, em português, recebe uma série de outras denominações, como caracol, difusor ou núcleo. Esse dispositivo tem como finalidade promover uma rotação do líquido em uma pequena câmara antes do orifício de saída. A rotação do líquido faz que ele

saia tangenciando a borda circular do orifício, na forma de uma fina lâmina em formato cônico que, com a expansão, se rompe em gotas. Em muitos casos, dependendo da pressão exercida e do diâmetro do orifício de saída, a lâmina não se forma, e o jato de gotas já emerge diretamente da ponta do bico.

Existem basicamente dois modelos de bicos cônicos de constituição interna diferenciada. No primeiro modelo, o bico possui um componente interno denominado difusor, que, com uma ou mais aberturas, tem por finalidade promover a rotação do líquido dentro de uma pequena câmara. A saída do líquido se dá através de um único orifício localizado na extremidade do bico denominado disco. O conjunto dessas duas peças forma um jato cônico que, conforme a combinação do diâmetro do furo e a quantidade dessas aberturas do difusor, juntamente com os diferentes diâmetros do orifício do disco vão determinar a vazão do bico e se o jato cônico é vazio ou cheio.

Em um segundo modelo, a variação da vazão se dá através do diâmetro do orifício de saída e dos canais laterais do disco. Neste modelo, quando o difusor for uma peça sólida, o cone será vazio e, quando o difusor tiver um furo central, o cone passará a ser cheio.

Nos bicos de jato em leque, que são amplamente utilizados na aplicação de herbicidas ou pulverização em superfícies planas, o líquido é forçado a passar por um orifício de forma elíptica ou retangular. Esses bicos trabalham geralmente com pressões inferiores em relação aos cônicos e existem opções para se trabalhar em uma ampla gama de vazões e ângulos de pulverização (Figura 14).

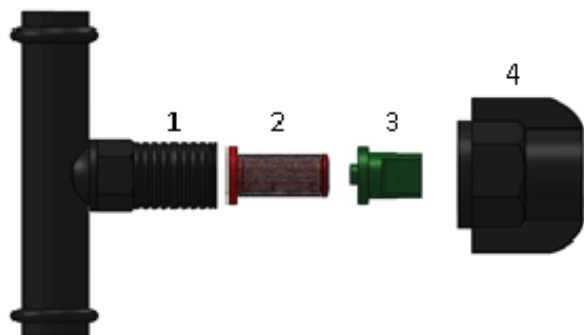



Figura 14 - Tipo de bico leque, em que o jato é originário de um orifício elíptico da ponta. Os algarismos indicam: 1 - corpo, 2- filtro, 3 - ponta, 4 - capa.
Fonte: Magnojet (2018).

Como a maioria dos herbicidas, em épocas anteriores, era aplicada à superfície do solo, ficou arraigada a crença de que bico leque é bico para se aplicar herbicidas. Entretanto o bico leque é indicado também para aplicar inseticidas e fungicidas, pois a escolha do bico é em função do alvo. Deve ser considerado que, no bico cônico, o líquido desperdiça energia quando efetua a rotação antes de sair pela ponta e, por isso, o jato não tem velocidade suficiente para penetrar nas regiões inferiores das plantas. Nesse caso, quando o alvo se situa na região mediana e inferior das plantas, um bico leque de ângulo de jato mais estreito poderá oferecer maiores vantagens de penetração que o bico cone, porque seu jato atinge maior velocidade, gerando turbulências desejáveis para melhorar a deposição.

Em outro tipo de bico de jato em leque, o líquido, ao emergir de um orifício, choca-se com uma superfície plana e oblíqua, originando também um jato em forma de leque (Figura 15). Esse bico chamado comumente de bico defletor trabalha com pressões menores (padrão de 10 lbf pol^{-2}) que aquele anteriormente descrito e se caracteriza por produzir gotas relativamente grandes, menos propensas à deriva. Por possuírem ângulo bastante aberto, são aptos a trabalhar muito próximo ao alvo (solo) e, por isso mesmo, preferidos para equipar barras cobertas para aplicar herbicidas sob a saia de árvores e arbustos (pomares, cafezais). Entretanto, se estiverem sendo utilizados a pressões

muito superiores às recomendadas, os bicos de impacto geram muitas gotas pequenas, sujeitas à deriva, com exceção dos bicos com indução de ar.

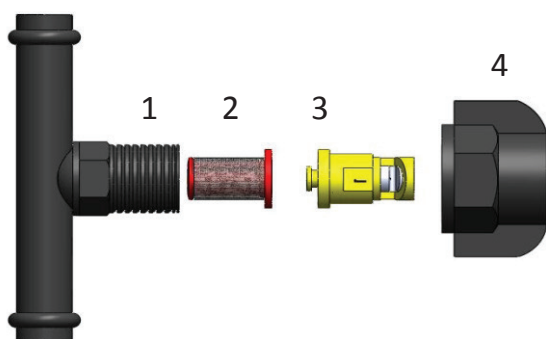



Figura 15 - Tipo de bico leque de impacto, em que o jato é formado por uma ponta em que o líquido colide com uma superfície plana. Os algarismos indicam: 1 - corpo, 2- filtro, 3 - ponta, 4 - capa.
Fonte: Magnojet (2018).

Foi introduzido no Brasil um tipo de bico leque com indução de ar (Figura 17), que, segundo os fabricantes, consegue introduzir pequenas bolhas de ar nas gotas. As gotas produzidas por esse tipo de bico são muito grandes e, portanto, adequadas à aplicação de produtos para redução de deriva. É um tipo de bico adequado à aplicação de herbicidas e fungicidas sistêmicos.

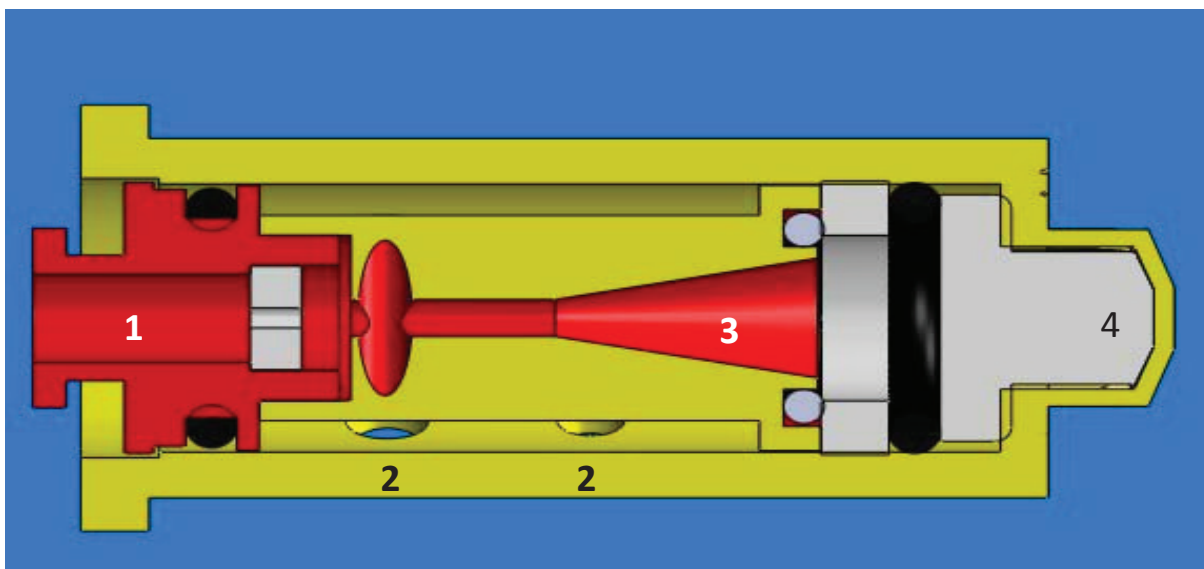



Figura 16 - Bico leque com indução de ar. Os algarismos indicam: 1 - entrada do líquido, 2 - entradas de ar, 3 - câmara de mistura ar/líquido, 4 - ponta.
Fonte: Magnojet (2018).

As pontas hidráulicas de pulverização para a agricultura têm três funções muito importantes, e suas relações são:

a) vazão: em função do tamanho do orifício, características do líquido e pressão;

b) distribuição: em função do modelo da ponta, característica do líquido e pressão;

c) tamanho das gotas: em função do modelo da ponta, características do líquido e pressão.

Observe que todas as funções das pontas de pulverização dependem da pressão, que é a fonte de energia (energia potencial) para a formação das gotas. Como se está trabalhando com pressão neste estudo, é bom lembrar que a unidade padrão de pressão, usada internacionalmente, é o 'bar', porém a unidade mais corrente é a 'libra' que, a rigor, deve ser 'lbf pol^{-2}'. Veja, a seguir, outras unidades e as relações entre elas:

a) 1 bar = 14,56 lbf pol^{-2} ou psi (pound per square inch);

b) 1 kgf cm^{-2} = 14,22 psi;

c) 1 bar = 100 kPa.

De acordo com as normas internacionais, as pontas de pulverização devem estar codificadas, obedecendo a um padrão internacional na sua nomenclatura e nos formatos.

Pela norma ISO 10.625, as pontas de pulverização devem ter tamanho definido de flange e dimensões para poderem ser usadas em qualquer tipo de sistema de fixação nos bicos (porca ou engate rápido). A norma ISO 10.626 padronizou a cor em função da vazão. As medições de vazão pela norma ISO devem ser a 3 bar e deve ser especificado o ângulo de projeção na nomenclatura das pontas.

Como existe um padrão americano adotado ao longo do tempo de uso, hoje temos, no mercado, duas formas comuns de relacionar a vazão e as cores que seguem na Tabela 12. O ângulo deve vir grafado no próprio corpo da ponta e pode ser determinado em outra pressão, mas as pressões devem ser especificadas em catálogos em manuais técnicos da ponta.

Assim, pode-se ter, no padrão americano (uso corrente), a ponta leque 110.02, em que 110° representa o ângulo que essa ponta deve abrir a 40 psi (2,8 bar) e 0,2 a vazão em galões americanos/minuto (Figura 17). Alguns fabricantes adotam outras informações junto à nomenclatura padrão, como material de fabricação, vazão em L min^{-1} etc.

Tabela 12 - Código de cores e seu significado comparativo entre os padrões usados

Cor da ponta	Sistema Internacional Vazão a 3 bar em L min^{-1}	Sistema Americano Vazão a 40 psi em gal min^{-1}(L min^{-1})
Laranja	0,39	0,1 (0,38)
Verde	0,59	0,15 (0,57)
Amarela	0,79	0,2 (0,76)
Azul	1,18	0,3 (1,14)
Vermelha	1,58	0,4 (1,51)
Marrom	1,97	0,5 (1,89)
Cinza	2,37	0,6 (2,27)
Branca	3,16	0,8 (3,03)

Fonte: Ramos e Pio (2003); Matuo et al. (2000).

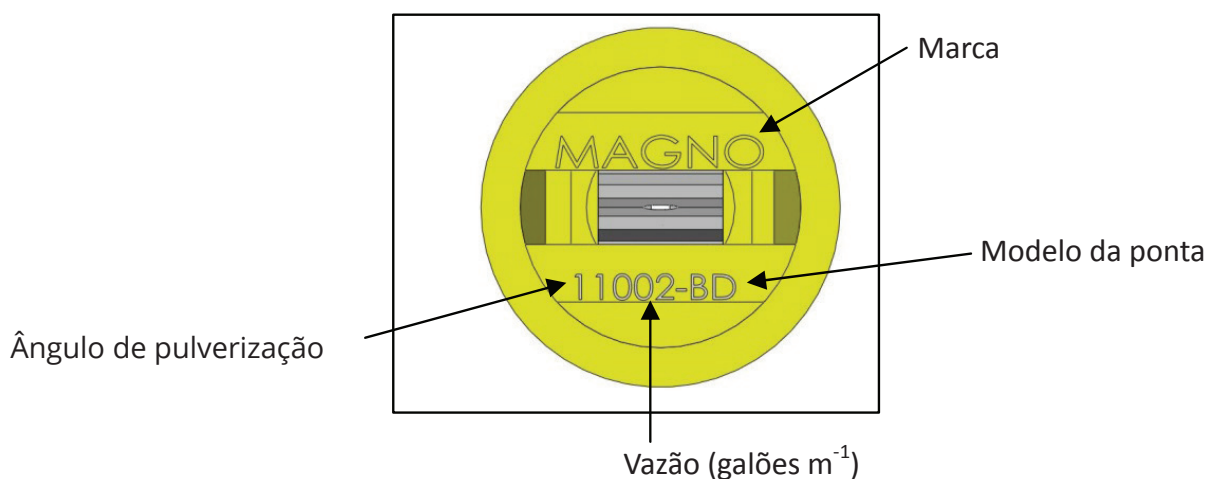



Figura 17 - Identificação de uma ponta de pulverização.
Fonte: Magnojet (2018).

Os materiais mais utilizados para a fabricação das pontas de pulverização são latão, polímero, aço inoxidável, aço inoxidável endurecido e cerâmica. Esses materiais conferem diferentes resistências às pontas. Existem vários modelos de pontas disponíveis no mercado, sendo que cada uma produz um espectro de tamanho de gotas diferente, bem como larguras e padrões diferentes de deposição. Portanto é muito importante saber escolher a ponta mais adequada ao trabalho a ser realizado.

Cada modelo de ponta de pulverização apresenta algumas características peculiares que os diferencia. No entanto, todos apresentam uma faixa ideal de pressão de trabalho e estão disponíveis com aberturas de diferentes tamanhos. O tipo e o tamanho mais adequados são selecionados em função do produto fitossanitário que se deseja aplicar, da superfície a ser tratada e do volume de calda necessária.

7.3 Estudo da vazão das pontas

A vazão de uma ponta de pulverização ocorre de acordo com o tamanho do orifício de saída, com as características do líquido utilizado na pulverização, como densidade e viscosidade, e com a pressão de trabalho. Para cada um desses fatores, é possível utilizar fórmulas e tabelas de correção, a fim de determinar a vazão correta. As duas variáveis mais importantes em relação à variação da vazão são a pressão e a densidade do líquido.

A variação da vazão, para a maioria das pontas leques e diversas outras pontas, pode ser expressa pela fórmula:

$$\frac{V_1}{\sqrt{P_1}} = \frac{V_2}{\sqrt{P_2}}$$

em que:

V_1 = vazão da ponta na pressão 1; V_2 = vazão da ponta na pressão 2; P_1 = pressão 1; P_2 = pressão 2.

Assim, para dobrar a vazão de determinada ponta, tem-se que quadruplicar a pressão de trabalho. Isso pode ser observado verificando as tabelas de vazão das pontas leques que trabalham com pressões entre 1 e 4 bar. A pressão, as características físicas do líquido (tensão superficial, densidade, viscosidade), o modelo da ponta (projeto) e as condições do ar ambiente influem no

desenvolvimento da lâmina líquida. Nesse processo, são determinados o tamanho das gotas e a sua forma de distribuição.

Quanto à forma do jato e sua distribuição, os bicos hidráulicos dividem-se, de uma forma geral, em bicos de jato plano e bicos de jato cone. Os fabricantes de bicos possuem, em seus catálogos, uma infinidade de modelos de pontas, com as mais variadas vazões, tamanhos de gotas e aplicações, com diferentes denominações e formatos de spray. Porém, de uma forma geral, podemos agrupar as diferentes séries de pontas, de acordo com suas características comuns:

a) **Pontas de jato plano (leque) comum:** são bicos de construção simples, para uso geral. São pontas de baixo custo e o espectro de gotas pode ser bastante desuniforme, dependendo da pressão utilizada;

b) **Pontas de jato plano (leque) de uso ampliado:** disponíveis no mercado a partir de 1986, são pontas que apresentam maior variabilidade de tamanho de gota em função da variação de pressão (de 15 a 60 lbf pol^{-2}), sem alterar significativamente o ângulo e o espectro de gotas. Quando são necessárias gotas menores (maior número de gotas por área), pode-se trabalhar com pressões maiores; se a necessidade for gotas maiores, utilizam-se as menores pressões. De maneira geral, pressões acima de 40 lbf pol^{-2} causam um maior desgaste das pontas;

c) **Pontas de jato plano (leque) de baixa deriva:** são pontas com perfil de gotas grandes, visando diminuir o risco de deriva. Possuem uma ou até duas câmaras internas, que absorvem a energia do fluxo de calda, reduzindo a velocidade e a pressão antes do orifício de saída, aumentando, em consequência, o tamanho das gotas. Operam em uma ampla variação de pressão (de 15 a 90 lbf pol^{-2}), sem alterar as características da pulverização;

d) **Pontas de jato plano (leque) duplo:** cada ponta de jato plano duplo é formada por duas pontas de jato simples. Normalmente apresentam perfil de gotas mais finas do que as pontas de vazão equivalente de jato simples, o que pode gerar maior perda por deriva. Os novos modelos já são dotados de mecanismos redutores de pressão e até mesmo entradas de ar, proporcionando a produção de gotas maiores;

e) **Pontas de jato plano (leque) de grande ângulo:** são pontas que possuem padrão de pulverização plana de ângulo grande e borda afilada para cobertura uniforme em pulverização em área total. Trabalham com faixas de pressão mais amplas (de 1 a 6 bar), proporcionando maior flexibilidade nas aplicações, produzindo gotas maiores, para minimizar o problema da deriva;

f) **Pontas de jato plano (leque) de impacto:** são pontas que combinam a produção de gotas grandes, a possibilidade de aplicação de volumes maiores e a resistência ao entupimento. Algumas apresentam pré-orifício, câmara de turbulência e indução de ar, o que confere melhor distribuição da vazão ao longo do jato de aspersão. Para essas pontas, há a necessidade da utilização de adaptadores junto ao encaixe dos bicos, a fim de direcionar o jato de aspersão no sentido vertical;

g) **Pontas de jato plano (leque) com indução de ar:** essas pontas possuem um ou mais orifícios para entrada de ar, que se mistura à calda que percorre o interior do bico. Apresentam perfil de gotas grossas e muito grossas, com inclusões de ar (bolhas de ar dentro das gotas). Caracterizam-se por baixa deriva. A cobertura de alvos planos pode ser melhor do que a proporcionada por gotas grandes de pontas sem indução de ar, pois, quando atingem o alvo, as gotas podem fragmentar-se, aumentando a superfície coberta. Possuem ângulo de aplicação entre 80° e 140° e exigem maior pressão de trabalho que os demais bicos tipo leque operando, pelo menos, a pressões maiores que 30 lbf pol^{-2};

h) **Pontas de jato cônico cheio:** são pontas que apresentam gotas finas a grossas, conforme a vazão da ponta e a pressão de trabalho, reduzindo a deriva. Adequadas para aplicação de inseticidas e de fungicidas em culturas com grande densidade foliar, já que este modelo de ponta tem uma grande capacidade de penetração de gotas;

i) **Pontas de jato cônico vazio:** são pontas que apresentam perfil de gotas finas e muito finas, com grande capacidade de penetração e cobertura, e com alto risco de deriva e evaporação.

Como visto, existe uma grande diversidade de pontas de pulverização capazes de proporcionar diâmetros e velocidade das gotas adequadas à característica da aplicação a ser realizada. O importante é entender que a função das pontas é produzir gotas. Para se escolher a ponta adequada, deve-se saber qual é a gota adequada para cada situação. Nisso consiste o principal desafio da tecnologia de aplicação via pulverização, que é determinar qual é a gota adequada, produzi-la e distribuí-la de maneira uniforme, nas mais variadas situações a campo. Pelas dificuldades em proporcionar eficientemente essa adequação, via de regra, são utilizados volumes de calda e quantidades de defensivos muito maiores do que seria necessário para o efetivo controle das pragas.

7.4 Manutenção das pontas de pulverização

O desgaste das pontas de pulverização pode comprometer a eficácia do produto devido a erros no perfil de distribuição e também pode elevar o nível de contaminação ambiental e o custo da operação, já que levantamentos mostram que os erros na vazão das pontas podem gerar sobre aplicações em mais de 40% dos equipamentos, com erros que podem superar os 18% do volume necessário.

Os filtros têm papel fundamental na qualidade do produto que passa através das pontas, evitando impurezas que poderiam obstruí-las completamente, evitando falhas nas aplicações e paradas para limpeza. Além das obstruções completas, os filtros também evitam obstruções parciais das pontas, sendo estas as que causam os maiores problemas de sub aplicação, pois não são facilmente observadas pelo operador, levando à ocorrência de aplicações deficientes.

A limpeza cuidadosa de uma ponta de pulverização entupida pode significar a diferença entre uma área limpa e uma com faixas de plantas daninhas. As pontas de pulverização de jato plano têm bordas finas usinadas primorosamente em volta do orifício para controlar a pulverização. Mesmo o menor dos danos devido à limpeza inadequada pode causar aumento da vazão e distribuição diferente da pulverização. Alguns pontos importantes devem ser levados em consideração para evitar ou minimizar os problemas com as pontas de pulverização:

a) utilizar filtros de linha e filtros de ponta com malha adequada a pontas em uso. As malhas mais usuais são 30, 50, 80, 100 e 120 mesh. A escolha da malha do filtro da ponta deve seguir a recomendação do fabricante;

b) nunca desentupir uma ponta com objeto metálico. O método correto de se desentupir uma ponta é com a utilização de uma escova plástica (como, por exemplo, uma escova de dentes) ou com ar comprimido. Deve-se sempre ter algumas pontas de reserva para substituir rapidamente as entupidas no campo, caso o entupimento não seja facilmente resolvido a campo;

c) lavar sempre as pontas no fim do dia de aplicação, especialmente quando aplicar produtos em pó, que tendem a se depositar e secar no interior das pontas;

d) no término da pulverização, lavar bem as pontas (deixar de molho em água com detergente é um bom processo), secá-las e guardar em um vidro tampado (de maionese, por exemplo);

e) providenciar para que as pontas não fiquem expostas na barra, batendo no solo. Esse é um problema que ocorre muito nas extremidades das barras, que devem possuir um patim de arraste para impedir o contato da barra com o solo e as pontas posicionadas acima da peça inferior da barra.

8 Métodos e equipamentos para aplicação de defensivos agrícolas

Os métodos de aplicação atualmente em uso podem ser basicamente agrupados em aplicações via sólida, via líquida e via gasosa, em função do estado físico do material a ser aplicado. Dentre esses, a aplicação via líquida, com o emprego de água como diluente, é, de longe, o método predominante. Entretanto, em algumas condições, as dificuldades na obtenção e no transporte de água podem conduzir à adoção de alternativas como a aplicação via líquida sem o uso de água ou aplicação via sólida. A aplicação via gasosa é bastante restrita, devido às dificuldades associadas ao processo.

8.1 Aplicação por via sólida

Uma das principais vantagens da aplicação via sólida é a não utilização da água, o que dispensa diluição pelo usuário. Nessas aplicações, as formulações estão prontas para o uso, isto é, já se encontram diluídas em concentrações adequadas para o campo. Entretanto o transporte de grandes quantidades de materiais inertes sólidos, que integram a formulação, faz aumentar substancialmente o custo da unidade do ingrediente ativo.

Dependendo da granulometria do material, a aplicação de sólidos comporta duas modalidades: aplicação de pó e aplicação de grânulo, estando a primeira praticamente em desuso atualmente.

8.2 Aplicação de grânulos

A aplicação de formulações granuladas tem crescido paulatinamente nos últimos anos. Produtos sistêmicos granulados são usados para aplicação no solo para controle de pragas que se alimentam da seiva (insetos e ácaros), larvas de brocas e de lepidópteros, nematoides etc. Inseticidas de contato são granulados e aplicados no controle de pragas do solo. Herbicidas e fungicidas também são experimentados nessa formulação. Uma das principais características dos granulados é que, dependendo da matriz empregada como veículo, pode-se controlar a velocidade de liberação do ingrediente ativo, de tal forma a prolongar a sua ação residual.

As partículas são suficientemente pesadas para resistirem à ação do vento durante a aplicação e, estando bem elaborada a formulação, não há formação de pó. Essas características tornam a aplicação um dos processos mais seguros entre as diversas alternativas. Produtos altamente tóxicos podem ser aplicados com relativa segurança.

Geralmente a aplicação de granulados pode ser efetuada com equipamentos bastante simples e isso torna o processo mais facilmente aceito nas regiões pouco desenvolvidas. Uma boa formulação de grânulos deve apresentar as seguintes características: fácil escoamento, não empastar, ser livre de pó e não se quebrar durante o transporte e o armazenamento.

As principais vantagens dos produtos formulados como grânulos são as seguintes:

a) o risco do operador é reduzido porque o ingrediente ativo está encerrado dentro da partícula sólida;

b) produtos altamente voláteis podem ser liberados mais lentamente;

c) partículas sólidas podem ser colocadas com maior exatidão no solo ou na folhagem;

d) a distribuição pode ser muito precisa porque o tamanho das partículas pode ser padronizado facilmente;

e) há menor risco de deriva;

f) o rendimento da aplicação pode ser maior devido ao volume reduzido e à dispensa da operação de diluição;

g) a calibração é mais fácil e exata;

h) uma variedade grande de matérias-primas está disponível ao formulador e isso pode ser explorado no sentido de conferir maior eficácia ao ingrediente ativo.

A dose de granulado é recomendada em função da área (kg ha^{-1}), do comprimento (g m^{-1} de sulco) ou por planta (g $planta^{-1}$). A dose em função da área oscila entre 10 e 40 kg ha^{-1}. O desenvolvimento do processo de aplicação de granulados tem sido lento, porém progressivo. Uma das causas dessa lentidão é a inexistência de máquinas aplicadoras que, por serem demasiado simples, não têm despertado interesse de grandes fabricantes.

8.3 Aplicação por via líquida

Nesta modalidade, geralmente uma formulação é diluída em um líquido apropriado antes da aplicação. O diluente mais empregado é, sem dúvida, a água. Ao resultante da adição do diluente à formulação dá-se o nome de calda e essa se encontra na concentração adequada para a aplicação. Há casos em que a aplicação via líquida se faz sem a adição do diluente. Nesse caso, a formulação que se emprega é o UBV (ultra baixo volume).

Via de regra, a aplicação é feita na forma de gotas (pulverização), havendo, no entanto, casos em que se faz na forma de filete líquido (rega ou injeção) ou na forma de gotas muito diminutas, formando neblina (nebulização).

A adesividade das partículas líquidas no alvo é muito superior à do pó, bem como a sua tenacidade, o que leva à recomendação de dosagens mais baixas. Como o método é bastante antigo, existem muitos tipos de equipamentos apropriados para as mais variadas situações, bem como as formulações existentes estão bem desenvolvidas para serem miscíveis à água.

Quando se pensa em pulverização, deve-se ter em mente que fatores como o alvo a ser atingido, as características do produto utilizado, a máquina, o momento da aplicação e as condições ambientais não estarão agindo de forma isolada, sendo a interação deles a responsável direta pela eficiência ou ineficiência do controle. Qualquer desses fatores que for desconsiderado ou equacionado de forma errônea poderá resultar no insucesso da operação, e essas situações são bastante frequentes no campo.

8.4 Componentes e funcionamento dos pulverizadores

Os equipamentos para aplicação de defensivos agrícolas são numerosos e podem ser classificados segundo o material que aplicam. Assim, a polvilhadora aplica pó, a granuladora, grânulos, o pulverizador, gotas e o nebulizador, neblina. Existindo uma variedade de equipamentos, é necessário adotar algum sistema para classificá-los, para denominá-los de forma inteligível por aqueles que trabalham dentro do assunto.

A maneira usual de se denominarem os equipamentos deste grupo tem sido através do uso de três palavras: a primeira indica a função da máquina (o que aplica); a segunda indica a forma de deslocamento; a terceira, a forma de acionamento. Assim, 'pulverizador costal motorizado' é um equipamento que aplica líquido dividido em gotas, transportado no dorso do operador e possui um motor próprio.

8.4.1 Equipamentos e técnicas para aplicação via sólida

Nesta categoria, podem-se distinguir dois tipos de aplicador: os de pó e os de grânulos.

Aplicadores de pó

São denominados polvilhadoras e aplicam a formulação pó-seco, de pronto uso. A base do processo consiste em assoprar o pó sobre a área visada no tratamento;portanto o equipamento deve possuir, no mínimo, um reservatório para se colocar o pó e um sistema de ventilação. Para poder controlar a vazão do pó, equipamentos de maior precisão possuem um sistema dosador que regula a quantidade de saída do pó. As polvilhadoras mais rudimentares nem possuem os órgãos (depósito, ventilador e dosador) independentes. Hoje, estes equipamentos caíram em desuso, substituídos por outros processos mais seguros e eficazes.

Aplicadores de granulados

Ao contrário do que ocorre com o polvilhamento, a aplicação de granulados vem paulatinamente crescendo. A máquina aplicadora de granulados é ainda mais simples que as polvilhadoras, pois dispensa o ventilador.

Para aplicar granulados em cova, existem diferentes dispositivos simples. No Brasil, desse grupo de equipamentos, o mais popular é a matraca, que originalmente é uma semeadora manual. A matraca adaptada para aplicação do material granulado é bastante usada para aplicar inseticidas sistêmicos em covas distribuídas em volta de plantas frutíferas, cafeeiros etc. Existem matracas especialmente desenvolvidas para aplicação de granulados que possuem o depósito (mochila) que vai às costas do operador, aumentando a autonomia do trabalho e aliviando o peso das mãos do operador.

Para a aplicação em sulco, as granuladoras podem ser de diferentes tipos: manuais, costais ou montadas em trator. Dentre os dispositivos manuais, pode ser destacado um simples recipiente de fundo afunilado, provido de alça. A vazão é fixa e depende da área do orifício que existe no fundo, que pode ser fechado através de uma tampa acionada por uma haste. Dos montados em trator, o equipamento possui um depósito com fundo afunilado em cujo extremo inferior existe o sistema dosador e um conduto de saída direcionável. Essas unidades podem aplicar o produto granulado no sulco de plantio ou ao lado das plantas já estabelecidas.

A aplicação de granulados também pode ser efetuada a lanço. Nesse caso, há necessidade de um ventilador para arremessar os grãos à distância. A aplicação a lanço em cobertura total do terreno não é tão comum. Quando a aplicação é feita a lanço, destina-se a tratamento de uma faixa limitada, geralmente ao lado da fileira de plantas. Existe um aplicador que espalha grãos a lanço, conjugada a uma grade que faz a incorporação do material ao solo. Essa grade geralmente fica na posição lateral e pode incorporar o produto químico sob a 'saia' das árvores.

Para a aplicação de formulações granuladas em covas, a regulagem é bastante simples. Basta acionar o equipamento em cima de um coletor (recipiente qualquer), medir o peso do material e ir, por tentativa, abrindo ou fechando o dosador, até acertar a dose por cova.

Quando a aplicação é em sulco, basta acionar o equipamento em cima de uma lona de comprimento conhecido, recolher o material, pesar e, por tentativa, ajustar a abertura do dosador para aplicar a dosagem requerida.

8.4.2 Equipamentos de aplicação via líquida

Os equipamentos para aplicação de líquidos podem ser divididos em injetores, pulverizadores e nebulizadores. Os injetores aplicam um filete de líquido (sem fragmentação em gotas), os

pulverizadores aplicam gotas e os nebulizadores a neblina (gotas menores que 50 μm). Entre os sistemas de aplicação de defensivos agrícolas, a pulverização é o sistema responsável pela aplicação da maior parte dos defensivos utilizados no mundo.

Tipo e classificação dos pulverizadores

Além da classificação básica dos equipamentos de aplicação de defensivos agrícolas, em que se classificam a formulação aplicada, a forma de transporte dos equipamentos e a forma de energia utilizada, os pulverizadores ainda têm outra classificação quanto à forma de levar a gota até o alvo, sendo então dividido em dois outros grupos:

a) pulverizadores de jato lançado;

b) pulverizadores de jato arrastado.

No primeiro caso, as gotas, depois de lançadas no ar pelos bicos, deverão chegar ao alvo pela sua própria energia cinética e, no segundo caso, uma corrente de ar deverá arrastar a gota até o alvo. Essa característica determina uma grande diferença nas condições de regulagem e calibração dos equipamentos.

Componentes básicos dos pulverizadores hidráulicos

Existe uma grande variedade de pulverizadores,porém possuem, de um modo geral, partes em comum, apresentando todos, pelo menos, um tanque, uma fonte de energia para acionamento do líquido (pode até ser a gravidade) e um elemento que forma gotas. No entanto, para se ter controle sobre todas as condições operacionais, muitos outros acessórios e partes são necessários (Figura 18).

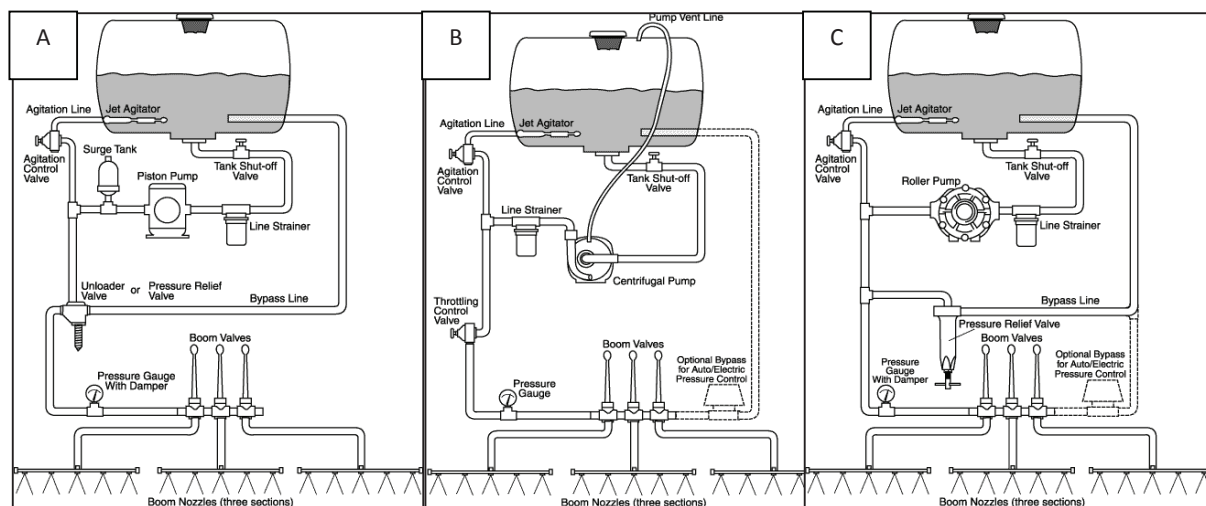



Figura 18 - Circuito hidráulico de um pulverizador convencional: (a) utilizando bomba de pistão; (b) utilizando bomba centrífuga; (c) utilizando bomba de diafragma.

Fonte: Christofoletti (1997).

8.4.3 Regulagem e calibração dos equipamentos

Regulagem do pulverizador de barras com uso do vaso calibrador

Antes da regulagem, devem ser verificados os seguintes itens:

a) filtro de sucção: limpeza;

b) mangueiras: se não estão furadas ou dobradas;

c) regulador de pressão – componentes: sede da válvula, válvula e mola, se não estão gastas ou presas por impurezas;

d) bomba: se não há vazamentos, se está lubrificada (nível do óleo ou graxa);

e) bicos: se são do mesmo tipo, se não estão gastos, se não diferem em mais de 10% de vazão e se os filtros estão limpos.

Uma vez verificados todos os itens, inicia-se a calibração do pulverizador:

a) marcar 50 m no terreno a ser tratado;

b) abastecer o pulverizador;

c) escolher a marcha de trabalho;

d) ligar a tomada de força;

e) acelerar o motor até a rotação correspondente a 540 rpm na tomada de força;

f) iniciar o movimento do trator no mínimo 5 metros antes do ponto marcado;

g) anotar o tempo que o trator gasta para percorrer os 50 metros;

h) em terrenos de topografia irregular, repetir a operação várias vezes e tirar a média;

i) com o trator parado na aceleração utilizada para percorrer os 50 metros, abrir os bicos e regular a pressão de acordo com a recomendada para os diferentes tipos de bicos:

   o Bicos tipo cone: de 75 a 200 lbf pol^{-2};

   o Bicos tipo leque: de 15 a 60 lbf pol^{-2}.

j) coletar o volume do bico no tempo igual ao gasto para percorrer os 50 metros, efetuando a leitura na coluna correspondente ao espaçamento entre bicos;

k) repetir essa operação em diversos bicos para obter uma média do volume;

l) a média obtida nas leituras é o volume de pulverização para marcha e pressão determinadas.

Obs. 1: se o volume obtido for abaixo do desejado, aumentar a pressão, diminuir a velocidade (manter 540 rpm na Tomada de Força - TDF) ou trocar os bicos por um de maior vazão;

Obs. 2: se o volume obtido for acima do desejado, diminuir a pressão, aumentar a velocidade (manter 540 rpm na TDF) ou trocar os bicos por um de menor vazão.

Regulagem do pulverizador costal manual

Antes da regulagem, certificar-se de que

a) os êmbolos não estão ressecados ou danificados;

b) as válvulas não estão gastas ou presas no corpo;

c) a agulha não está com as vedações gastas;

d) o bico é o indicado para a aplicação;

e) não há vazamentos.

Uma vez verificados todos os itens, inicia-se a calibração do pulverizador.

Método de Calibração com o Uso de Vaso Calibrador

a) O pulverizador deve estar limpo e abastecido com água limpa;

b) Com o pulverizador às costas, posicionar a lança na altura de trabalho e medir a largura da faixa de aplicação;

c) Praticar a pulverização para determinar a frequência de bombeamento e a velocidade cômoda para o trabalho;

d) Pulverizar em uma área de 25 m^2.

Verificar, abaixo, a distância a ser percorrida conforme a largura da faixa de aplicação:

Largura da faixa (m)	**0,5**	**0,7**	**1,0**	**1,2**	**1,5**
Distância a percorrer (m)	50	35,7	25	20,8	16,7

e) Fixar o calibrador à tampa, como segue:

- Remover a capa, o bico e o filtro;
- Montar a tampa do calibrador;
- Reinstalar o filtro, o bico e a capa;
- Rosquear o recipiente à tampa;

f) Segurar a lança na posição normal de trabalho e pulverizar no recipiente até cobrir a área de 25 m^2 determinada;

g) Manter o recipiente no nível e fazer a leitura. O nível do líquido indicará o volume na escala correspondente. Esvaziar o recipiente, repetir a operação, obtendo assim a média de duas medições, a qual se torna mais real.

Método prático de calibração

a) Marcar uma área de 100 m^2 (10 x 10 m);

b) Encher o tanque e pulverizar a área (obs.: é necessário que o operador mantenha ritmo constante de bombeamento e de marcha);

c) Completar o tanque e medir o volume gasto em litros. Para medidas precisas, o pulverizador deve estar na mesma posição antes e depois da operação;

d) Calcular o volume de pulverização em L ha^{-1}:

$$Q = \frac{\text{Vol x } 10.000}{A}$$

em que: Q = volume em L ha^{-1}; Vol = volume gasto em L; 10.000 = 1 ha; A = área pulverizada.

Obs.: caso o volume encontrado não seja o desejado, substitua o bico por um de maior ou de menor vazão, ou altere o ritmo de bombeamento e marcha.

Regulagem de Pulverizadores Através de Fórmulas

Volume de pulverização (L ha^{-1}):

$$Q\,(L\,ha^{-1}) = \frac{q\,(L\,min^{-1}) \times 60.000}{e\,(cm) \times V\,(km\,h^{-1})}$$

Vazão coletada na ponta (L min^{-1}):

$$q\,(L\,min^{-1}) = \frac{V\,(km\,h^{-1}) \times e\,(cm) \times Q\,(L\,ha^{-1})}{60.000}$$

em que:

Q = volume de pulverização (L ha^{-1});

q = vazão coletada da ponta (L min^{-1});

e = espaçamento entre bicos (cm);

V = velocidade do trator (km h^{-1});

F = espaçamento entre as pontas na barra (cm);

60.000 = fator de conversão de unidades.

Quantidade de produto a colocar no tanque (kg ou L):

$$Pr\,(kg\ ou\ L) = \frac{Ct\,(L) \times D\,(kg\ ou\ L)}{Q\,(L\,ha^{-1})}$$

em que:

Pr = quantidade de produto (kg ou L);

Ct = capacidade do tanque (L);

Q = volume de pulverização (L ha^{-1});

D = dosagem do defensivo (kg ou L).

9 Referências

AMSDEN, R.C. Reducing the evaporation of sprays. **Agricultural Aviation**, Washington, D.C., v. 4, no. 3, p. 88-93, 1962.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2004. p. 145-184.

______; VEIGA, C. M.; QUEIROZ, P. C. Caracterização tecnológica da aplicação de defensivos na cultura da soja em plantio direto no Brasil. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu Embrapa Soja, 2002. v. 1, p. 337.

ASABE- American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. St. Joseph, 1999. (ASABE S, 572).

_____. **Terminology and definitions for application of crop, animal, or forestry production and protection agents**. St. Joseph, 2007. (ASAE S, 327.3).

BARCELLOS, L. C.; CARVALHO, Y. C.; SILVA, A. L. Estudo sobre a penetração de gotas de pulverização no dossel da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 81-94, 1998.

BODE, L. E. Downwind drift deposits by ground applications. In: PESTICIDE DRIFT MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1984, Brookings. **Proceedings...** Brookings : South Dakota University, 1984. p. 49-52.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; BRAUN, E. Efeitos do volume de calda sobre o controle químico de oídio em soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA REGIÃO SUL, 30., 2002, Cruz Alta. Fundacep/Fecotrigo. **Atas e Resumos...** Cruz Alta: Fundacep/Fecotrigo, 2002. p. 104.

_____; PANISSON, R. Aplicação de fungicidas para o controle de oídio em soja, em diferentes horários do dia. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA REGIÃO SUL, 31., 2003, Porto Alegre. **Atas e Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 57.

_____; TRES, I. Aplicação de fungicidas para o controle de oídio em soja, com diferentes volumes de aplicação. In: In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA REGIÃO SUL, 31., 2003, Porto Alegre. **Atas e Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 59.

_____ et al. Aplicação de fungicida para o controle de oídio em soja, com diferentes pontas de pulverização e volumes de calda. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 17-20.

BONINI, J. V.; BALARDIN, R. S. Pontas de pulverização utilizadas na aplicação de fungicidas para controle de doenças. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 30., 2002, Cruz alta. **Atas e Resumos 2002...** Cruz Alta: FUNDACEP, 2002. p.110.

BOSCHINI, L. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume de aplicação, na cultura da soja.** 2000. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de pós-graduação em Agronomia, Unioeste, Marechal Candido Rondon, 2000.

BOUSE, L. F., CARLTON, J. B.; JANK, P. C. Effect of water soluble polymers on spray droplet size. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 31, no. 6, p. 1633-1641, 1988.

BROWN, A. W. A. **Insect control by chemicals**. New York: John Wiley, 1951.

CHAIM, A. **Desenvolvimento de um protótipo de pulverizador eletrodinâmico - avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (*Enneothrips flavens*, Moulton, 1941) do amendoim (*Arachis hypogaea* L.)**.1984. 95 f.. Dissertação (Mestrado)-Programa de pós-graduação em Agronomia, FCAV, Jaboticabal, 1984.

_____; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 6, p. 963-969, 1999.

_____; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente,** Curitiba, v. 10, p. 13-22, 2000.

_____ et al. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 1999a. (Boletim de pesquisa, 2).

_____ et al. Comparação de pulverizadores para tratamento da cultura do tomate estaqueado: avaliação da deposição e contaminação de aplicadores. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 9, p. 65-74, 1999b.

_____ et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 741-747, 1999c.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet, 1999.

_____. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Spraying Systems do Brasil, 1997.

COFEE, R. A. Electrodynamic energy: a new approach to pesticide application. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE-PEST AND DISEASES, 1979, England. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1979. p. 777-789.

COMBELLACK, J. H. The problems involved in improving spraying efficiency. **Australian Weeds**. Victoria, v. 1, no. 2, p. 113-17, 1981.

COURSHEE, R. J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 5, p. 327-352, 1960.

CUNHA, J. P. A. R. da.; REIS, E. F. dos.; SANTOS, R. de O. Controle químico da ferrugem da soja em função da ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

_____; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

DERKSEN, R. C.; JIANG, C. Automated detection of fluorescent spray deposits with a computer vision system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, no. 6, p. 1647-1653, 1995.

ENDACOTT, C. J. Non-target organism mortality: a comparison of spraying techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., 1983, Brighton. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1983. v. 2, p. 502.

FERREIRA, M. da C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 293-303.

FRANZ, E. Spray coverage analysis using a hand-held scanner. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 36, no. 5, p. 1271-1278, 1993.

GANDOLFO, M. A.; ANTUNIASSI, U. R. Seleção de pontas para pulverização. In: COAMO. **Programa Coamo Tecnologia de Aplicação**. Campo Mourão, 2005. p. 23-30.

GARCIA, L. C. et al. Dessecação da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) com herbicidas de contato, em presença ou não de assistência de ar junto à barra do pulverizador, em diferentes volumes de calda. **Engenharia Agricola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 758-763, 2004.

GRAHAM-BRYCE, I. J. The future of pesticide technology: opportunities for research. In: BRITISH INSETICIDE AND FUNGICIDE CONFERENCE, 8., 1975, Brighton. **Proceedings...** Brighton: Britich Crop Protection Council, 1975. p. 901-905.

GUARIDO, G. Qualidade da água na pulverização. In: COAMO. **Programa Coamo de Tecnologia de Aplicação**. Campo Mourão, 2005. p. 31-34.

HIMEL, C. M. Analytical methodology in ULV. In: SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, 1974, Cranfield. **Proceedings...** Cranfield: Britich Crop Protection Council, 1974. p. 112-119.

______. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 62, no. 4, p. 919-925, 1969.

______; MOORE, A. D. Spray droplet size in control of spruce budworm, boll weevil, bollworm, and cabbage looper. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 62, no. 4, p. 916-918, 1969.

HOFMAN, V.; SOLSEG, E. **Spray equipment and calibration**. Fargo: North Dakota State University, 2004. (North Dakota State University Extension AE-73)

HOFFMANN, L. L.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja. In: REIS, E. M.; BORGES, L. D.(Org.). **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004. p. 147-170.

HOFMAN, V.; KUCERA, H.; BERGE, M. **Spray equipment and calibration**. North Dakota: St. Univ. Bul., 1986.

HOLLOWAY, P. J. et al. Effects of some agricultural tank-mix adjuvants on the deposition efficiency of aqueous sprays on foliage. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, p. 27-37,2000.

JACTO S/A. **Sistema Vortex**: a melhor solução para o controle da ferrugem da soja. [S.l.: Máquinas Agrícolas Jacto, 2006.

JONHSTONE, D. R. Insecticide concentration for ultra-low-volume crop spray applications. **Pesticide Science**, Chichester, v. 4, p. 77-82, 1973.

______. Statistical description of spray drop size for controlled drop application. In: SYMPOSIUM ON CONTROLLED DROP APPLICATION, 1978. **Proceedings...** Croydon: British Crop Protection Council, 1978, p. 35-42. (BCPC monograph, 22).

______; JOHNSTONE, K. A. Aerial spraying of cotton in Swaziland. **PANS**, London, v. 23, no. 1, p. 13-26, 1977.

LIMBERGER, A. R. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume aplicado, na cultura do feijão.** 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Programa de pós-graduação em Agronomia, Unioeste, Marechal Candido Rondon, 2006.

MAGNOGET. **Qualidade e precisão**. [S.l.], 2018. Catálogo.

MARCÃO, M. A.; RONCATO NETTO, E. Qualidade de água para pulverização. In: COOPAVEL/ COODETEC (Org.). **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Cascavel, 2003. p. 7-15.

MATTHEWS, G. A. **Application of pesticides to crops**. London: Imperial College, 1999.

______. **Pesticide application methods**. 3. ed. London: Blackwell Science, 2000.

______. Pesticide applications - at the crossroads? **EPPO Bulletin**, Oxford, v. 13, no. 3, p. 351-355, 1983.

MATUO, T. **Tecnicas de aplicação de defensivos agricolas**. Jaboticabal: Funep, 1990.

______ et al. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. Brasília, DF: ABEAS/UFV, 2000.

NIELSEN TECHNICAL TRADING. **Water technic**: conversion of water hardness units. 2007. Disponível em: <http://www.aqua-corrent.dk/dk1skw/uk-waterhardness-tabel.html>. Acesso: 15 abr. 2018

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea: aspectos práticos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**: novas tecnologias. Santa Maria: Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 65-78, 1998.

PALLADINI, L. A.; SOUZA, R. T. Deposição obtida nas pulverizações de macieira com diferentes volumes de calda e temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI/SBF, 2004. p. 322.

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de herbicidas aplicados por pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 45-56, 1999.

QUANTICK, H. R. **Handbook for agricultural pilots**. London: Collins, 1985.

RAINEY, R. C. Flying insects as tergets for ultralow volume spraying. In: SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, 1974, Cranfield. **Proceedings...** Cranfield: British Crop Protection Council, 1974. p.112-119.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z. da; SANTIAGO, T. (Org.). **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. São Paulo: ANDEF, 2003. p. 133-201.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: Fundacep, 1995.

______; THEISEN, G.; BIANCHI, M. A. Efeito dos fatores ambientais na ação dos herbicidas. In: THEISEN, G.; RUEDELL, J. (Org.). **Tecnologia de aplicação de herbicidas**: teoria e prática. Cruz Alta: Aldeia Norte Editora, 2004. p. 13-23.

SANTOS, J. M. F. dos. Tecnologia de aplicação de defensives agrícolas. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 3., 2004. Mogi das Cruzes. **Anais...** Mogi das Cruzes: [s.n.], 2004. p. 109-116.

SCHMIDT, M. A. H. **Deposição da calda de pulverização na cultura da soja em função do tipo de ponta e do volume aplicado.**2006. 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de pós-graduação em Agronomia, Unioeste, Marechal Candido Rondon, 2006.

SCRAMIN, S. et al. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente,** Curitiba, v. 12, p. 43-50, 2002.

SCUDELER, F.; BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 13-16.

SPRAYING SYSTEMS Co. **Teejet**: produtos de pulverização para agricultura.Wheaton, 1998. (Catálogo 46M – BR/P).

STEVENSON, W. R.; JAMES, R. V. **Evaluation of different sprayer technologies for fungicide application to control early and late blights**. 1997. Disponível em: <http://www.plantpath.wisc.edu/wivegdis>. Acesso: 06 abr. 2018.

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**: teoria e prática. Cruz Alta: Aldeia Norte Editora, 2004.

VELLOSO, J. A. R. O.; GASSEN, D. N.; JACOBSEN, L. A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barras**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1984.

WOMAC, A. R. et al. **Comprehensive evaluation droplet spectra from drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1997. (ASAE paper, n. 97-1069).

ZHU, H. et al. Effects of polymer composition and viscosity on droplet size of recirculated spray solutions. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 67, p. 35-45, 1997.

Cultivo Protegido

Max José de Araujo Faria Junior e Rerison Catarino da Hora

1 Introdução

A preocupação com a proteção física de cultivos contra as adversidades climáticas é antiga e data do período do império romano. Durante o governo de Tibério César (14-37 a.C.), eram utilizadas pequenas estruturas móveis no cultivo de pepino, que eram abrigadas sob coberturas feitas com lâminas de mica e alabastro, quando as condições climáticas se tornavam inadequadas (WITTWER; CASTILLA, 1995; CASTILLA, 2005), prática cultural que desapareceu com o fim do império romano.

A partir de então, novos registros de estruturas de proteção são reportados ao século XVI, em diferentes regiões da Itália (Roma, Pádua, Pisa e Bologna) e na Holanda (SEMEDO, 1988; NELSON, 1998). Entre os séculos XVI e XVIII, surgiram os precursores dos abrigos para cultivo protegido, na Inglaterra, na França, no Japão e na China, em forma de estruturas rudimentares de madeira ou de bambu, cobertas com painéis reticulados de vidro ou de papel azeitado (WITTWER; CASTILLA, 1995; CASTILLA, 2005).

Os primeiros relatos de casas de vegetação com coberturas de vidro, em duas águas, com finalidade comercial, são do século XIX, atividade essa cuja expansão foi lenta até a primeira Guerra Mundial, no início do século XX, conforme Semedo (1988). Após a Segunda Guerra Mundial, houve grande expansão na área coberta com estufas de vidro, especialmente na Holanda (cerca de 5.000 ha).

Todavia foram as primeiras experiências com filmes plásticos na construção de estruturas para proteção de plantas, em meados da década de 50, nos EUA e em alguns países da Europa, que se constituíram no marco divisor para um período subsequente de grande crescimento no cultivo protegido de plantas por, praticamente, todos os continentes. Assim, nas décadas de 60 e 70, ocorreu incrível expansão da área ocupada por abrigos para cultivo protegido cobertos com materiais plásticos, em países como Japão, China, Espanha, Itália, França, Turquia, Grécia, Israel, entre outros (WITTWER, 1993; WITTWER; CASTILLA, 1995). Ilustra bem essa expansão o que ocorreu na Espanha, na região da Almeria: a área com abrigos cresceu de 0,05 ha, em 1963, para 13.200 ha, em 1985 (BRETONES CASTILHO, 1991).

No Brasil, as primeiras iniciativas no cultivo protegido, com finalidade comercial, datam do final da década de 70. Assim, Kumagaia (1991) relata que, em 1978, a extinta Cooperativa Agrícola de Cotia (CAC) implementaram uma área experimental no cinturão verde de São Paulo, com a finalidade de produzir pepinos em ambiente protegido, com superfície coberta de 100 m^2, o que prosperou, 10 anos mais tarde, para uma área de 561.800 m^2, em diferentes regiões produtoras.

Em 1984, teve destaque o Projeto São Tomé, conduzido nos estados da região Sul, sob patrocínio da Petroquímica Triunfo e com participação da Emater, cuja finalidade era divulgar o uso dos filmes plásticos na agricultura, inclusive, na construção de abrigos para cultivo protegido (SGANZERLA, 1990).

Ainda em meados da década de 80, no Estado de São Paulo, iniciaram-se, pioneiramente, as primeiras pesquisas com o cultivo protegido na Unesp, no Campus de Jaboticabal, que culminaram com a realização do 1.° Simpósio Nacional sobre Plasticultura, realizado em Jaboticabal (SP), em 1989, evento científico precursor de inúmeros outros, igualmente importantes, que debateram o tema, em diferentes regiões do país.

Os programas de divulgação das técnicas de produção em ambiente protegido, bem como aqueles de formação de agricultores e extensionistas, intensificaram-se, merecendo referência, pelo seu alcance, no Estado de São Paulo, o 'Programa São Paulo Vai a Campo', patrocinado pelo Banespa/ Baneser (já extintos) e o 'Programa de Plasticultura para o Estado de São Paulo', coordenado pela Associação dos Engenheiros Agrônomos do Estado de São Paulo (AEASP), e no Estado do Paraná, como descrito por Hamerschmidt (1996/97), o 'Programa de Subsídio à Plasticultura', conduzido pela Secretaria de Estado e de Abastecimento, todos desenvolvidos na década de 90.

Desse modo, no mesmo período, o cultivo protegido experimentou grande entusiasmo e crescimento como atividade comercial, porém, de forma inconsistente, resultando em inúmeras histórias de fracasso e elevado índice de abandono da atividade, cujas razões estão bem discutidas por Martins (1996), Goto (1997), Della Vechia e Koch (1999) e Goto et al. (2007), dentre as quais se destacam, além da crise econômica vivida pelo país, a falta de preparo dos empreendedores, a falta de orientação e de coordenação da pesquisa e a falta de articulação entre pesquisa e extensão.

Entretanto, nos últimos 10 anos, a maior estabilidade econômica, a maior experiência e profissionalização dos agricultores, a maior maturidade das pesquisas (importante ressaltar as inúmeras universidades e instituições de pesquisa, estaduais e federais, engajadas com o desenvolvimento de técnicas adequadas de cultivo em ambiente protegido) e o melhor entendimento, pelo produtor, das exigências e dinâmica do mercado, dentre outros motivos, têm permitido que a atividade se mantenha firme e, possivelmente, tenha experimentado algum crescimento, em que pese a falta de levantamentos estatísticos confiáveis no país.

A expectativa, assim, é a de acompanhamento do crescimento mundial, cuja área coberta por estruturas para cultivo protegido, para produção de hortaliças, plantas ornamentais e frutas, estava estimada, em 2000, em 628 mil hectares, conforme Castilla (2005).

2 Planejamento e construção de abrigos para cultivo protegido

A razão de qualquer empreendimento, inclusive a produção agrícola em ambiente protegido, é a obtenção de retorno financeiro, ou seja, lucro.

Por outro lado, o cultivo protegido de *plantas* demanda grande inversão de capital e, portanto, algumas reflexões sobre o perfil do empreendedor, bem como sobre o estabelecimento do negócio, devem ser feitas antes de se iniciar a atividade.

Possíveis motivações para adesão à produção hortícola altamente especializada do cultivo protegido podem ser a oportunidade de atuação de forma diferenciada, em termos de oferta de produtos, a qualidade superior, ou, ainda, a atuação em nichos específicos de mercado. Porém é necessário estar preparado para iniciar o próprio negócio e, nesse caso, alguns requisitos importantes, enumerados por Kessler Junior (2006), são capacidade de planejamento, capacidade de gerenciamento, dedicação ao sucesso do empreendimento (disponibilidade de tempo e persistência), conhecimento e experiência no ramo, habilidade em lidar com pessoas (funcionários, fornecedores e clientes), flexibilidade para mudanças (adaptação às novas exigências de mercado ou inovações) e disponibilidade de recursos financeiros para iniciar e operar o empreendimento.

Além de um perfil empreendedor adequado, é imperativo que se conheça o mercado em que se pretende atuar. Algumas questões a considerar, de acordo com Thomas e Thomas (1999) e Kessler Junior (2006), são as seguintes: Qual o tamanho do mercado (quantas pessoas moram ou compram

no mercado em que se pretende atuar)? Quanta competição terá que ser enfrentada? Há muitos produtores, já estabelecidos, cultivando e vendendo os mesmos produtos que se pretende produzir? Há a possibilidade de venda para atacadistas (grandes distribuidores) ou grandes redes de venda no varejo? Há a possibilidade de venda direta a pequenos varejistas? Os pequenos varejistas são em número suficiente? Que vantagens poderão ser oferecidas, tais como produtos de melhor qualidade, um portfólio mais amplo de produtos ou serviços diferenciados, que possam encorajar os pequenos varejistas a mudarem de fornecedor? É possível fazer a venda direta ao consumidor, atuando como varejista?

Assim, o tipo de mercado que se pretende atender é determinante do esquema de produção (STEVENS et al., 1994; KESSLER JUNIOR, 2006):

- na comercialização para grandes distribuidores e grandes redes de venda no varejo, o número de clientes é limitado e pode ser exigido, através de contratos específicos, certo grau de especialização da produção, que deve ser em larga escala, com fornecimento diário ou sazonal (no caso de produtos que têm demanda aquecida em épocas determinadas do ano);
- se a venda se destinar a pequenos varejistas, o fornecimento deve ser diário, embora a produção possa ser em menor escala, todavia deve-se estar apto a trabalhar com um grande número de clientes individuais, o que, normalmente, requer produtos e serviços de alta qualidade, um leque maior de opções de oferta de produtos, além de *marketing* mais agressivo;
- na opção por comercialização direta aos consumidores finais, as vendas são pulverizadas entre inúmeros clientes, com necessidade de uma grande gama na oferta de produtos, bem como do estabelecimento de um local adequado para a venda, evitando-se o trânsito excessivo de pessoas na área de produção, o que implica dividir recursos e atenção entre instalações com finalidades distintas (produção e comercialização).

É preciso estar atento, também, aos aspectos legais envolvidos (ambientais, tributários, trabalhistas, de constituição e funcionamento do negócio etc.), bem como pensar sobre a forma jurídica a ser adotada para o empreendimento (registro de empresário ou constituição de sociedade), questões essas que não dispensam a ajuda de advogados e de contadores.

Por fim, entendido o perfil do empreendedor como adequado, avaliado o potencial de mercado (presente e futuro) como interessante e respondidas as questões legais, com a decisão de se seguir adiante na atividade, a etapa seguinte constitui-se na elaboração de um plano de negócios, com base em informações técnicas consistentes e previsões financeiras e contábeis realistas. Não se trata de tarefa simples e uma boa orientação é que se busque, nesta fase, a ajuda de técnicos da assistência técnica rural, de universidades, de instituições de pesquisa e do Sebrae.

2.1 A escolha do local

A escolha do local para construção dos abrigos para o cultivo protegido, dentro do mercado em que se pretende atuar, deve ser realizada com cuidado, a fim de que não se comprometa o adequado funcionamento do empreendimento, pois, depois de implementado o negócio e construídas as estruturas de proteção, as mudanças são difíceis e dispendiosas.

Alguns dos fatores a serem considerados são:

- **solo**: como desejável para atividade agrícola, deve apresentar boa profundidade e drenagem, ser livre (ou com baixa infestação) de nematoides, patógenos e plantas invasoras e, preferencialmente, eutrófico e rico em matéria orgânica. Dada a dificuldade (ou impossibilidade) de se encontrar área com solo que reúna todos os atributos citados, as deficiências observadas podem ser corrigidas, porém sem deixar de se considerar que, quanto mais distante do ideal, maiores os custos de correção. Problemas com o solo do local são minimizados, ou podem ser desconsiderados, quando a opção for a adoção de técnicas de cultivo sem solo ou de hidroponia;

- **água**: é essencial à produção de plantas e, no estabelecimento do cultivo protegido, os aspectos quantitativos e qualitativos são igualmente importantes. A necessidade de água irá variar com a cultura, o clima local e o tipo de estrutura adotada, mas, como recomendação geral, a fonte de água, que pode ser superficial ou subterrânea (poço), deve fornecer entre 5,5 e 14 L dia^{-1}, por m^2 de área coberta, conforme Hanan (1998), embora possam ser encontradas indicações de até 20 L d^{-1} m^{-2} (NELSON, 1998), somente para consumo pela cultura, não contabilizados os volumes utilizados para aplicação de defensivos, limpeza, resfriamento evaporativo dos abrigos (se houver), entre outros usos. A análise da água, também, é um procedimento importante, uma vez que teores elevados de sais dissolvidos podem restringir o seu uso para agricultura. Assim, o ideal é que a água apresente condutividade elétrica (CE) menor que 0,7 dS m^{-1} (em torno de 450 mg L^{-1} de sais dissolvidos), não sendo possível sua utilização quando a CE for maior que 3,0 dS m^{-1} (teor de sais dissolvidos maior que 2.000 mg L^{-1}), enquanto os valores intermediários de CE indicam que fonte de água deve ser usada com cuidado, por apresentar grau de restrição ligeiro a moderado (AYERS; WESTCOT, 1987). Para produção de mudas, Nelson (1998) recomenda que a CE da água não ultrapasse 0,75 dS m^{-1} e indica, como limite máximo tolerável para culturas em geral, que estejam em pleno desenvolvimento, o valor de 1,5 dS m^{-1}. Os teores de bicarbonato não devem exceder 100 mg L^{-1} (KESSLER JUNIOR, 2006), devendo-se evitar a água dura (teores de carbonato de cálcio acima de 150 mg L^{-1}), principalmente, quando se pretende adotar sistemas de cultivo sem solo (NELSON, 1998). A utilização de água dura, pode prejudicar o funcionamento de equipamentos de irrigação e de resfriamento evaporativo (notadamente quando são utilizados nebulizadores), pela formação de depósitos. Recomendam-se, pelo menos, duas análises da água por ano, sendo uma na estação chuvosa e outra na estação seca. Ainda, a água deve apresentar pouco, ou nenhum, material em suspensão e deve ser adequada, do ponto de vista sanitário, uma vez que pode ocorrer a presença de microrganismos patogênicos às plantas e, mesmo, aos consumidores;
- **topografia**: o ideal é que a declividade natural seja inferior a 2%, a fim de que os serviços de terraplenagem não sejam dispendiosos. Além disto, conforme Hanan (1998), declividades elevadas diminuem a eficiência da mão de obra, dificultam a movimentação dos produtos, causam problemas como a distribuição desuniforme da água de irrigação e gradientes indesejáveis de temperatura no interior dos abrigos. Para que a drenagem na área seja adequada, recomendam-se declividades entre 0,5% e 1%. Ainda, devem ser evitadas áreas sombreadas por outras construções ou vegetação já existentes e áreas localizadas nas partes mais baixas do terreno, sujeitas às enxurradas e ao acúmulo de água de chuva;
- **disponibilidade de mão de obra**: o cultivo protegido de plantas demanda o uso relativamente intensivo de mão de obra. Dalrymple (1973), citado por Hanan (1998), estima a necessidade de 0,35 a 0,96 homens-dia por 1.000 m^2 de área coberta, dependendo da cultura conduzida. Além disso, Kessler Junior (2006) recomenda que o tempo máximo de deslocamento dos trabalhadores não ultrapasse 20 minutos, o que sugere a proximidade de centros urbanos.
- **facilidade de acesso**: a proximidade de estradas e rodovias em boas condições de uso durante o ano todo, que possibilitem o tráfego de veículos pesados, é importante para que se mantenha o fluxo de mercadorias (produção e insumos) sem interrupções (HARDOIM, 1996). Se a produção se destinar à venda no varejo, é recomendável que as instalações estejam à vista, a partir da via principal, de modo a facilitar o acesso dos consumidores. Segundo Kessler Junior (2006), frequentemente, as compras são feitas por impulso e, por isso, se os produtos não estiverem à vista ou o acesso aos mesmos for dificultado, os consumidores serão desencorajados da compra.
- **condições de serviços**: a demanda de energia elétrica será função do nível tecnológico que se deseja implementar para produção de plantas em ambiente protegido, do tipo de cultura e do clima local. Assim, a energia elétrica será necessária, no mínimo, para iluminação, para acionamento de sistemas de irrigação e de equipamentos de limpeza e, naqueles casos

de projetos mais elaborados, para o funcionamento de mecanismos de condicionamento do ambiente (ventiladores, sistemas de resfriamento evaporativo adiabático, sistemas automáticos de abertura e fechamento de janelas, sistemas automáticos de sombreamento) e de sistemas de cultivo sem solo. É desejável que se tenha disponibilidade de fonte trifásica de energia elétrica; mas esta não é,na maioria dos casos, a realidade de áreas rurais, que contam, somente, com a distribuição monofásica, boa parte dessa no sistema MRT (Monofásico com Retorno por Terra), que apresenta limitações de carga. Recomendável que se possa contar, ainda, com serviços de telefonia e, se possível, de correios, facilitando a comunicação com clientes e fornecedores.

- **tamanho e forma da propriedade**: a área deve ser suficiente para acomodar as estruturas para cultivo protegido e demais instalações acessórias, como depósitos para insumos, áreas para armazenagem de produtos, área para carga e descarga, acomodação de pessoal (escritório, cozinha, banheiros), além de estacionamentos e carreadores. Ainda, na escolha do local, deve-se prever a possibilidade de ampliação da superfície coberta pelos abrigos para cultivo protegido, como resultado da expansão do empreendimento. Propriedades com formato muito irregular podem dificultar a distribuição das construções, complicando o estabelecimento de um *lay-out* satisfatório do ponto de vista da eficiência da mão de obra e do fluxo de produtos e de insumos.

2.2 O abrigo para cultivo protegido

O principal propósito para as estruturas de cultivo protegido é o estabelecimento de um ambiente interno favorável ao desenvolvimento das plantas, independentemente das condições ambientais externas.

Inicialmente concebidos para elevar a temperatura do ar, através do 'efeito estufa', com o intuito de permitir o cultivo de plantas em regiões ou em períodos de baixas temperaturas, atualmente, os abrigos para cultivo protegido estão difundidos por todas as regiões, cumprindo as mais diversas funções, como a de proteção contra fortes e constantes ventos (efeito quebra-vento), proteção contra radiação excessiva (efeito guarda-sol), proteção contra as chuvas intensas e frequentes (efeito guarda-chuva), em regiões tropicais e subtropicais e, mesmo, proteção contra condições da baixa umidade relativa (efeito oásis), em regiões áridas.

Para que a estrutura de proteção possa cumprir sua finalidade de forma eficiente, o projeto deve considerar a espécie que se deseja cultivar e suas demandas específicas, bem como as condições climáticas locais, optando pelo material de cobertura e tipo de estrutura adequados.

2.3 Caracterização do material de cobertura

Conforme Giacomelli e Roberts (1993), os materiais para cobertura de abrigos para cultivo protegido podem ser de três tipos: vidro, painéis plásticos rígidos e filmes plásticos.

2.3.1 Vidro

O vidro foi o primeiro material de cobertura empregado na cobertura de abrigos com produção comercial. Não sofre processo de envelhecimento, mantendo suas características ópticas e mecânicas indefinidamente, e não é inflamável, porém apresenta pequena resistência a impacto e elevado peso por unidade de superfície (10 kg m^{-2}, para lâminas com 4 mm de espessura), exigindo estruturas de suporte mais resistentes, além de não se adaptar a qualquer formato de cobertura e apresentar alto custo. Possui elevada transparência (85%-95%) às radiações de

onda curta e é totalmente opaco às radiações de ondas longas (ou térmicas), constituindo-se, opticamente, no material de referência para obtenção do efeito estufa (DUNCAN; WALKER, 1975; GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; BRIASSOULIS et al., 1997a; BRIASSOULIS et al., 1997b; HANAN, 1998). No Brasil, o vidro não é utilizado na construção de abrigos para cultivo protegido cuja finalidade seja a produção comercial.

2.3.2 Painéis plásticos rígidos

O advento dos plásticos determinou profundas mudanças na construção dos abrigos, por reduzir sensivelmente seu custo, permitindo ampla difusão das técnicas de cultivo protegido, inclusive para os países em desenvolvimento.

Dentre os painéis rígidos, os mais comuns são o polimetacrilato de metila (PMMA) ou acrílico, o policarbonato (PC), o policloreto de vinila (PVC) e o poliéster reforçado com fibra de vidro (FRP). Podem ser encontrados na forma de painéis corrugados ou de chapas estruturadas de parede dupla (placas alveolares), como destacado na Figura 1.

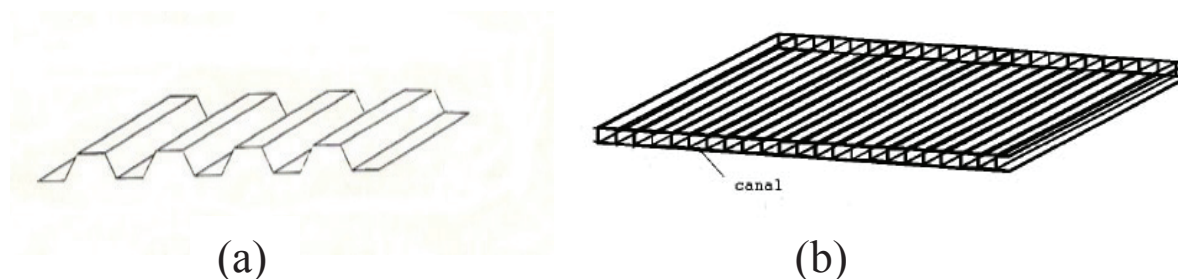



Figura 1 - Painel corrugado (a) e painel estruturado de parede dupla (b), utilizados em coberturas e em fechamentos laterais de abrigos para cultivo protegido.
Fonte: Giacomelli e Roberts (1993) e Geoola, Kashti e Peiper (1998).

De modo geral, as placas rígidas são opacas ao ultravioleta, apresentam elevada transparência (80% a 90%) à radiação solar de ondas curtas (380-3000 nm), quando novas, e baixa transparência (<3%) às radiações de ondas longas (>3.000 nm). Ainda, apresentam boa resistência a impacto, baixo peso por unidade de superfície (1,5 a 5 kg m^{-2}), inflamabilidade variável com o material, resistência à abrasão menor que a do vidro (são arranhados mais facilmente) e têm duração entre 10 e 20 anos (GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; SERRANO CERMEÑO, 1994; BRIASSOULIS et al., 1997a; BRIASSOULIS et al., 1997b; HANAN, 1998; PAPADAKIS et al., 2000; CASTILLA, 2005). As propriedades ópticas, principalmente a transparência às radiações de ondas curtas, deterioram com o envelhecimento do material, são de elevado custo e, praticamente, não são usadas no Brasil.

2.3.3 Filmes Plásticos

Os filmes plásticos correspondem, nos últimos 35-40 anos, ao material mais largamente empregado na cobertura de abrigos para cultivo protegido, em todo o mundo. Os mais utilizados são o policloreto de vinila (PVC), o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o poli (etileno-co-acetato de vinila) ou copolímero de EVA.

2.3.3.1 Policloreto de Vinila (PVC)

Os filmes de PVC, embora muito utilizados no Japão, representam uma pequena fração dos filmes plásticos empregados em cobertura de abrigos para cultivo protegido, no Brasil e no mundo. Com densidade de 1.300 kg m^{-3} a 1.400 kg m^{-3} (BRIASSOULIS et al., 1997b), apresentam transmissividade (relação entre a radiação incidente e a transmitida, em determinada faixa de comprimento de ondas) em torno de 90%, para radiação fotossinteticamente ativa (RFA, 400-700 nm), e de 10% a 15%, para as radiações de ondas longas (PAPADAKIS et al., 2000; CASTILLA, 2005), quando novos. Têm menor susceptibilidade à oxidação, maior resistência ao impacto e maior resistência à abrasão que o PEBD, porém escurecem com o envelhecimento, além de atraírem (ação eletrostática de superfície) e de reterem (ação adesiva dos plastificantes usados na fabricação do filme) poeira da atmosfera, reduzindo sua transparência (ROBLEDO DE PEDRO; MARTIN VICENTE, 1988; ALPI; TOGNONI, 1991; GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; SERRANO CERMEÑO, 1994; BRIASSOULIS et al., 1997b; PAPADAKIS et al., 2000). Os fatores que limitam a expansão no uso dos filmes de PVC são seu custo mais elevado, em comparação com o PEBD, e o fato de que sua queima produz dioxina, bastante danosa ao ambiente e à saúde (PAPADAKIS et al., 2000).

2.3.3.2 Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)

De maneira geral, no mundo, a maior parcela da área coberta com material plástico, destinada ao cultivo protegido, utiliza filmes de PEBD, devido às suas boas propriedades mecânicas e ópticas, bem como ao seu preço extremamente competitivo (BRIASSOULIS et al., 1997a; DILARA; BRIASSOULIS, 2000).

Trata-se, também, do material mais utilizado no Brasil e, por sua importância, será discutido, a seguir, de forma mais detalhada.

Os filmes novos de PEBD têm de 85% a 90% de transparência à radiação solar de ondas curtas e valores semelhantes de transmissividade para a RFA, porém, distintamente de outros materiais, são, também, muito transparentes às radiações térmicas (ou de ondas longas), com valores de transmissividade que se situam entre 60% e 80% (DUNCAN; WALKER, 1975; GODBEY; BOND; ZORNING, 1979; ALPI; TOGNONI, 1991; PAPADAKIS et al., 2000; CASTILLA, 2005). Outra característica óptica do material é a sua capacidade de dispersão dos raios solares, que resulta em desejável incremento na parcela de radiação difusa, no interior dos abrigos (GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; FARIAS et al., 1993b).

Com densidade entre 920 kg m^{-3} e 950 kg m^{-3}, os filmes de PEBD apresentam resistência ao impacto variando entre 2 N e 5 N, boa flexibilidade, resistência à tração relativamente baixa (valores de referência, na literatura, variando entre 4 e 25 MPa) e boa resistência ao rasgamento, variando de 5 N a 20 N (início) e de 187 N mm^{-1} a 228 N mm^{-1} (propagação), como compilado por Briassoulis et al. (1997b). Ainda, apresentam boa resistência ao ataque químico em temperatura ambiente, não sendo solúveis à maioria dos solventes orgânicos. A elevação da temperatura torna o PEBD susceptível ao ataque de hidrocarbonetos aromáticos, alifáticos e clorados.

A durabilidade dos filmes de PEBD é relativamente baixa e, normalmente, não ultrapassa o horizonte de três anos de uso. Terminada sua vida útil, passa a ser tratado como resíduo e, via de regra, é disposto de forma inadequada, muitas vezes queimado ou enterrado, o que pode resultar em problemas ambientais.

O curto tempo de vida útil deve-se à deterioração do material por diferentes mecanismos. Os mais importantes, para filmes de PEBD usados como cobertura de abrigos para cultivo protegido, são discutidos por Dilara e Briassoulis (2000) e Briassoulis et al. (2004):

- **degradação térmica**: a dissociação térmica (ou despolimerização devido à temperatura) é insignificante em condições de campo, mesmo quando há contato do filme com elementos

estruturais metálicos do abrigo, em que a temperatura pode alcançar os 70°C – 80 °C. O maior efeito de altas temperaturas está relacionado ao incremento da velocidade de várias reações de oxidação, indiretamente contribuindo para a degradação do filme de PEBD.

- **fotodegradação**: a radiação ultravioleta (UV), entre 290 nm e 400 nm, é absorvida pelo filme plástico, determinando a quebra de ligações químicas e a despolimerização, causando a fotodegradação. Os radicais livres, assim produzidos, reagem com o oxigênio atmosférico, prosseguindo o processo de deterioração, chamado, então, de foto-oxidação. Enquanto a fotodegradação afeta todo o filme de PEBD, a foto-oxidação ocorre somente próxima à superfície, uma vez que o processo oxidativo é limitado pela difusão do oxigênio para o interior do filme plástico. Na verdade, o PEBD puro é inerte à foto-oxidação, mas a presença de impurezas ou de resíduos de catalisadores, com grupos cromofóricos, introduzidos durante a fabricação, dão fotossensibilidade aos filmes e iniciam o processo de foto-oxidação pela formação de radicais livres. Devido à presença dessas impurezas, a maior sensibilidade dos filmes de PEBD ocorre para radiação UV de 300-310 nm e 340 nm.

- **degradação mecânica**: estresses impostos por cargas excessivas sobre o filme de PEBD, decorrentes de projetos inadequados (geometria e tipo de estrutura adotados, forma e tensão de fixação do filme plástico) e da própria ação do vento, podem determinar tensões de tração e de rasgamento que resultem em degradação do material por meio da quebra de ligações (raro), do deslizamento das cadeias ou da mudança de conformação das cadeias poliméricas. Concorrem ainda para degradação direta, resultado da ação do vento, o desgaste do filme pela fricção com elementos estruturais e a abrasão decorrente da ação de partículas suspensas no ar sobre a superfície do filme. Também o granizo, através do impacto das pedras de gelo, pode puncionar o filme. Como efeito indireto dos estresses mecânicos, há a aceleração do processo de fotodegradação.

- **degradação química**: a poluição do ar, o uso de defensivos agrícolas e a umidade excessiva podem reduzir a vida útil do filme plástico devido a reações que promovem mudanças na estrutura química dos aditivos utilizados na fabricação do filme, determinando a redução na sua atividade. Poluentes como hidrocarbonetos aromáticos, óxidos de nitrogênio (NO, NO_2) e de enxofre (SO_2) podem ser absorvidos pelo filme e gerar grupos cromofóricos que, pela absorção de radiação UV, aceleram o processo de foto-oxidação. Também o uso de pesticidas contendo enxofre e halogênios (principalmente, cloro) aceleram sensivelmente o processo de fotodegradação do plástico, pela inibição da atividade de aditivos estabilizadores de radiação UV. Ainda, elevada umidade relativa do ar, com condensação na superfície do filme, e chuva em excesso podem determinar a remoção gradual de aditivos solúveis em água, utilizados na formulação do filme de PEBD, e, consequentemente, reduzir a resistência à oxidação, aumentando a velocidade de degradação.

Os processos de degradação podem ocorrer simultaneamente e interagir, mas não há dúvida de que a fotodegradação assume a maior importância, dado que, pela finalidade de sua aplicação, os filmes plásticos de PEBD, usados como cobertura de abrigos para cultivo protegido, sofrem grande exposição à radiação solar. A fim de prolongar a vida útil dos filmes submetidos a essa condição de aplicação, são utilizados aditivos estabilizadores de radiação UV, que, modernamente, dividem-se em duas categorias: os absorvedores de radiação UV e os captadores de radicais livres, conhecidos por HALS.

Os absorvedores UV competem com os cromóforos na absorção de radiação ultravioleta, reduzindo a formação de radicais livres, e a energia absorvida é dissipada na forma de radiação térmica. Esta classe de estabilizadores parece atuar melhor em filmes com espessura maior que 100 μm (DILARA; BRIASSOULIS, 2000; MUNARO, 2000; BRIASSOULIS et al., 2004). Os principais absorvedores de UV utilizados são a benzofenona e o benzotriazol (Figura 2), que devem ser introduzidos em concentrações elevadas, para que sejam eficientes em retardar a degradação do plástico pela foto-oxidação.

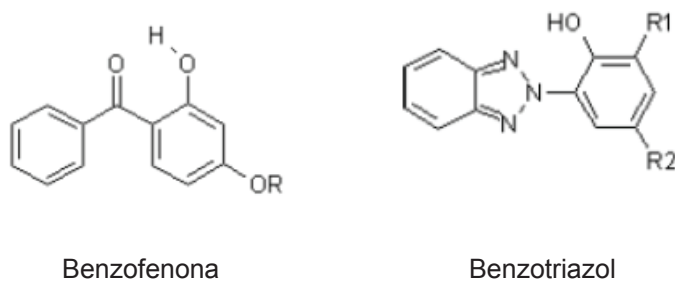
Benzofenona

Benzotriazol

Figura 2 - Estrutura típica da benzofenona e do benzotriazol, que atuam como aditivos estabilizadores de radiação UV (absorvedores UV).
Fonte: SpecialChem® (2008).

Diferentemente dos absorvedores de UV, as aminas estericamente bloqueadas ou HALS (*hindered amine light stabilizers*) não absorvem a radiação UV. Seu modo de ação consiste na captura de radicais livres formados na foto-oxidação, que é, então, inibida ou retardada (DILARA; BRIASSOULIS, 2000; BRIASSOULIS et al., 2004)

Esses estabilizadores UV, derivados da piperidina, são incolores e pouco interferem na transparência do filme plástico, para aqueles comprimentos de onda que interessam ao desenvolvimento das plantas. Apresentam como vantagem o fato de que, mesmo em baixas concentrações, podem apresentar bons resultados, independentemente da espessura do filme. Ainda, as HALS não são consumidas durante a estabilização, mas são regeneradas em um processo cíclico (Figura 3), o que aumenta muito a sua eficiência (SPECIALCHEM®, 2008).

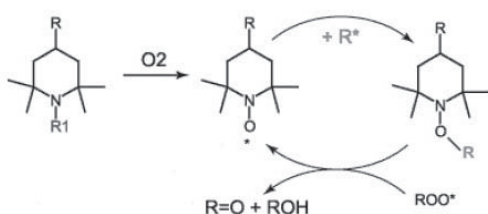



Figura 3 - Mecanismo simplificado de estabilização pelas HALS.
Fonte: SpecialChem® (2008).

As tecnologias mais recentes de produção de filmes multicamadas (normalmente, três camadas), através do processo de coextrusão, permitem que as camadas individuais possam apresentar composições específicas, conforme a necessidade, concorrendo para maior durabilidade do material (GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; BRIASSOULIS et al., 2004).

Com o intuito de aprimorar a qualidade do material e/ou atender condições particulares de cultivo, uma série de aditivos pode ser incorporada ao filme, durante o processo de fabricação, conferindo-lhe características especiais, como discutido por Papadakis et al. (2000), Briassoulis et al. (2004) e Castilla (2005):

- **aditivos bloqueadores de radiação infravermelho de ondas longas**: tem a função de alterar o balanço térmico dos abrigos, melhorando a conservação de energia dos mesmos;
- **aditivos difusores de luz**: conferem ao material de cobertura maior capacidade de dispersão da radiação solar, evitando a formação de sombras sólidas no interior dos abrigos e permitindo melhor distribuição da luz para a cultura;
- **aditivos fotosseletivos**: atribuem ao filme características de filtro, propiciando que alguns comprimentos de onda sejam bloqueados e outros não, com possibilidade de alterações no balanço vermelho/vermelho-distante e, mesmo, de incremento artificial na disponibilidade de radiação na região do azul e do vermelho, pela absorção de radiação UV e re-emissão fluorescente de luz. Afeta indiretamente a produtividade dos cultivos pela redução no ataque de pragas e de doenças;

- **aditivo antigotejo**: visa prevenir a formação de gotas na superfície inferior do filme plástico, decorrentes de condensação de vapor d'água. Promove a redução da diferença de tensão superficial entre as gotas de água e a lâmina plástica, cujo resultado é a formação de um filme de água que não prejudica a transmissão da luz e, também, evita a queda de gotas sobre as plantas, reduzindo o risco de doenças fúngicas.

É de se esperar que o aprimoramento tecnológico dos agrofilmes de PEBD conduza ao incremento de produtividade dos cultivos protegidos e ao aumento da vida útil do material, resultando em melhor relação custo/benefício para o produtor, sem desconsiderar a redução nas demandas ambientais que podem ser alcançadas pelo menor número de substituições do material de cobertura dos abrigos.

2.3.3.3 Poli(etileno-co-acetato de vinila) ou copolímero de EVA

É obtido pela introdução, durante a polimerização do etileno, de um segundo monômero (acetato de vinila) de natureza polar e maior peso molecular, que provoca a destruição de parte da regularidade das cadeias (ROBLEDO DE PEDRO; MARTIN VICENTE, 1988).

Com baixa percentagem de acetato de vinila, as propriedades do copolímero de EVA são semelhantes às do PEBD (MARINHO, 2005) e, nos filmes agrícolas, este conteúdo varia de 4% a 18% (SERRANO CERMEÑO, 1994; DILARA; BRIASSOULIS, 2000), embora os valores mais usuais se situem entre 12% e 14% (CASTILLA, 2005).

Em termos ópticos, os copolímeros de EVA têm transparência em torno de 90% à radiação RFA, e entre 18% e 27%, às radiações de ondas longas (GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; PAPADAKIS et al., 2000; CASTILLA, 2005). Ainda, são mais resistentes às radiações ultravioleta que o PEBD (DILARA; BRIASSOULIS, 2000; MARINHO, 2005).

Com o incremento no conteúdo de acetato de vinila no copolímero, são aumentadas a densidade, a permeabilidade, a solubilidade e a flexibilidade a baixas temperaturas, e diminuídas a rigidez e a dureza superficial (ROBLEDO DE PEDRO; MARTIN VICENTE, 1988).

Os copolímeros de EVA têm resistência à tração semelhante à do PEBD, porém apresentam como desvantagem uma maior fluência (*creep*), não se recomendando seu uso em regiões ventosas (BRIASSOULIS et al., 1997b; CASTILLA, 2005). Também apresentam aderência em sua superfície e tendem a atrair poeira, diminuindo a transparência à radiação solar (DILARA; BRIASSOULIS, 2000; PAPADAKIS et al., 2000).

Filmes agrícolas de elevada qualidade podem ser obtidos com a fabricação, por coextrusão, de lâminas com três camadas (tricapa), em que o copolímero de EVA é introduzido entre duas camadas de PEBD, minimizando os problemas de fluência e de aderência de poeira, inerentes do copolímero, e incrementando as qualidades ópticas do produto final, pela obtenção de filmes de maior opacidade às radiações térmicas, bem como sua durabilidade, devido ao aumento da resistência aos raios UV (DILARA; BRIASSOULIS, 2000; CASTILLA, 2005).

2.4 Caracterização das estruturas

Os abrigos para cultivo protegido podem apresentar diferentes formas arquitetônicas e ampla gama de materiais na construção das estruturas. A adoção de um ou outro projeto dependerá da cultura que se pretende cultivar, do clima local e do nível tecnológico a ser adotado.

2.4.1 Arquitetura dos abrigos

Os modelos encontrados no Brasil são apresentados a seguir:

- **modelo capela**: bastante utilizado pelos agricultores, apresenta teto plano e simétrico, em duas águas. Pode ser construído em pavilhão único (Figura 4a) ou geminado (Figura 4b). O teto deve ser construído com inclinação entre 20° e 30°, de modo a permitir o escoamento da água de chuva e adequada transmissividade da radiação solar;

- **modelo assimétrico**: tem teto plano e assimétrico, também em duas águas (Figura 4c). O plano (ou água) com menor inclinação deve estar voltado para o norte, para melhor condição de luminosidade no interior do abrigo. É indicada para regiões com latitudes elevadas, como o sul do país;

- **modelo arco**: apresenta teto semicircular ou semielíptico, com paredes verticais. Pode ser construído em pavilhão único (Figura 4d) ou geminado (Figura 4e). Bastante utilizado em todo o mundo; corresponde à geometria de cobertura que favorece a transmissão da radiação solar e o escoamento de água da chuva. Permite melhor acomodação e fixação do filme plástico;

- **modelo plano**: também conhecido por modelo Londrina, em alusão ao município onde foi bastante difundido, consiste em uma variação do modelo *parral*, utilizado na região de Almeria, na Espanha. Apresenta o teto (quase) plano, e a estrutura de suporte do filme plástico é constituída por uma malha de arame (Figura 4f). Não é adequado para regiões com alta pluviosidade;

- **modelo 'dente de serra'**: de teto plano ou curvo, com vertentes desencontradas, tem abertura ao longo da cumeeira que funciona como ventilação zenital. Assim, a ventilação natural (ou passiva) tem sua eficiência aumentada pela simultaneidade da ação dos ventos e do efeito chaminé. Podem ser de pavilhão único (Figura 4g) ou geminados (Figuras 4h, 4i e 4j).

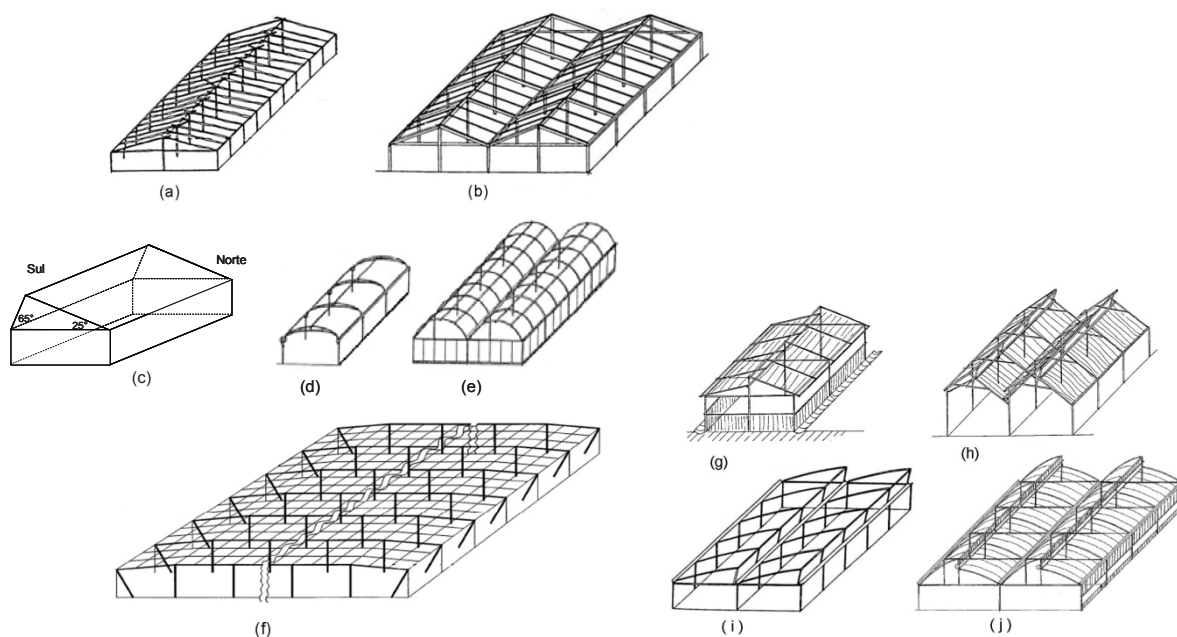



Figura 4 - Esquemas de abrigos para cultivo protegido, modelo capela, em pavilhão único (a) e geminado (b); modelo assimétrico de teto plano em duas águas (c); modelo arco em pavilhão único (d) e geminado (e), modelo 'dente de serra' em pavilhão único, modelo plano (f), (g) e geminado (h, i, j).

Fonte: Adaptado de Zabeltitz (1990), Serrano Cermeño (1994), Elsner et al. (2000b) e FAO (2002).

2.4.2 Material usado na construção da estrutura dos abrigos

2.4.2.1 Estruturas de madeira

As estruturas de madeira constituem-se, normalmente, nas primeiras a serem adotadas por quem se inicia no cultivo protegido, dada a facilidade de aquisição do material e seu custo bastante competitivo com o de outros materiais.

A madeira apresenta como vantagens uma baixa condutividade térmica, baixo coeficiente de dilatação (desejável quando se trabalha com vidro ou placas rígidas de plástico, como material de cobertura), alta resistência em relação ao seu baixo peso e facilidade de manuseio na construção (CALIL JUNIOR; DIAS, 1997; HANAN, 1998; ELSNER et al., 2000b; DE BELIE et al., 2000).

Todavia é material higroscópico que sofre alterações dimensionais e modificações de suas propriedades mecânicas devido a variações em sua umidade. Ainda, está sujeito à deterioração biológica por ação de fungos e de insetos (ELSNER et al., 2000b; DE BELIE et al., 2000). Além disso, comparativamente às estruturas metálicas, as peças de madeira precisam de seções maiores para resistir aos mesmos esforços, o que determina estruturas com maior nível de sombreamento para os cultivos.

Resultados satisfatórios, no que tange à durabilidade da estrutura, podem ser obtidos, segundo Calil Junior e Dias (1997) e De Belie et al. (2000), com:

- **escolha da madeira**: a escolha deve recair, quando possível, sobre espécie cuja madeira seja, naturalmente, mais durável;
- **projetos adequados**: o projeto deve atentar para detalhes que possam manter a madeira seca, ou protegida da umidade, evitando-se, por exemplo, seu contato direto com o solo;
- **preservação química da madeira**: os quatro produtos mais utilizados são o creosoto, o pentaclorofenol, o CCA (Cromo-Cobre-Arsênio) e o CCB (Cromo-Cobre-Boro), e os principais métodos de preservação são pincelamento, aspersão, pulverização, imersão, banho quente-frio, substituição de seiva e autoclave (pressão).

No Brasil, embora os projetos de estruturas de madeira devam ser realizados por profissionais habilitados, segundo normas técnicas (ABNT, 1997), a esmagadora maioria dos abrigos para cultivo protegido são construídos de forma empírica, com base em experiências práticas, resultando, via de regra, em estruturas superdimensionadas, com impacto negativo nos custos de construção.

2.4.2.2 Estruturas metálicas

As estruturas metálicas podem assumir as mais variadas conformações, conferindo, ao projetista, grande liberdade arquitetônica na solução de demandas relativas ao clima local e à operação das instalações. Devido à sua elevada resistência mecânica, as estruturas metálicas necessitam de seções muito pequenas para resistir aos esforços a que estão submetidas durante a construção e a operação de abrigos para cultivo protegido. Assim, torna-se possível a construção de abrigos com um nível bastante baixo de sombreamento da cultura por elementos estruturais.

Por outro lado, essas estruturas são excelentes condutoras de calor e se aquecem até temperaturas elevadas, em condições de campo, podendo causar danos aos materiais plásticos, nas regiões de contato entre ambos, o que pode ser solucionado com o uso de materiais de proteção que impeçam o contato plástico-metal.

Ainda, os materiais metálicos estão sujeitos à deterioração por processos de corrosão (ou oxidação), que podem ser acentuados, em condições adversas como as verificadas no cultivo protegido, devido à elevada umidade do ambiente, à presença de sais (fertilizantes) e de agentes

químicos contendo cloro e enxofre (defensivos agrícolas). Os metais possuem diferentes níveis de resistência à corrosão.

O alumínio é bastante resistente à oxidação por que forma, rapidamente, sobre sua superfície, um filme oxidado incolor, muito aderente e não poroso, que impede o contato do metal com o oxigênio e interrompe o processo corrosivo, o que é conhecido por apassivação. Todavia, em contato com soluções ácidas ($pH < 4$), soluções alcalinas ($pH > 8$) ou eletrólitos que contenham íons de cloro (condições facilmente encontradas no ambiente agrícola), o alumínio tem seu filme natural de proteção destruído e o processo de corrosão prossegue (DE BELIE et al., 2000).

Além de sua maior resistência à oxidação, as estruturas de alumínio apresentam baixo peso e adequada resistência mecânica aos esforços de interesse na construção de abrigos para cultivo protegido, contudo têm custo bastante elevado. Cuidados especiais devem ser observados quando se utilizam peças de aço em contato com peças de alumínio, a fim de se evitar a corrosão galvânica das primeiras (HANAN, 1998).

O aço é o material mais utilizado na construção de estruturas para cultivo protegido. Disponível em barras com seções com diferentes perfis ou na forma de tubos, embora de custo relativamente baixo, quando comparado ao alumínio, e de excelente resistência mecânica, é pouco resistente à corrosão. Em função disto, é desejável que se utilize aço galvanizado na construção dos abrigos; entretanto, se o material não tiver qualquer tratamento anticorrosivo, recomenda-se que seja pintado.

Para que a pintura seja efetiva na proteção contra a deterioração da estrutura metálica, deve apresentar, no mínimo, uma primeira camada, chamada pintura de fundo, realizada com tetraóxido de chumbo (zarcão) ou outro anticorrosivo, e outra camada de acabamento, com o uso de tintas apropriadas para chapas metálicas, como aquelas à base de alumínio. De qualquer maneira, a preferência deve recair, sempre que possível, na utilização do aço galvanizado, que tem vida útil muito superior àquele simplesmente pintado.

Embora existam vários exemplos de sucesso na construção artesanal de abrigos simples de estrutura metálica, o mais comum, e recomendado, é o fornecimento por empresas especializadas, com escala industrial, pois, além de trabalhar com projetos elaborados dentro de normas técnicas e de utilizar material devidamente tratado, as mesmas respondem, também, pelo transporte do material e montagem dos abrigos.

2.4.2.3 Estruturas de concreto

Apesar de suas boas características mecânicas, as estruturas de concreto são muito pouco utilizadas na construção de abrigos para cultivo protegido. As peças estruturais são demasiado pesadas e as seções mínimas recomendadas são suficientes para sombrear, de modo indesejável, os cultivos.

Essas estruturas, quando utilizadas no ambiente agrícola, bastante agressivo ao concreto em termos químicos, devem ser confeccionadas com cuidados especiais:

- escolha correta do tipo de cimento e de agregado, a fim de que se possa conferir maior resistência a íons agressivos (Cl^-, SO_4^{-2}, Mg^{+2}, NH_4^+) e à presença de ácidos;
- correta definição do traço e da relação água-cimento, bem como do grau de adensamento, com finalidade de se obterem peças pouco porosas;
- dimensionamento da armadura com seções maiores como prevenção à redução da seção pela corrosão;
- dependendo do local e da condição de aplicação da peça, a realização de tratamento de superfície (DE BELIE et al., 2000).

2.4.2.4 Combinação de materiais

A combinação de materiais é bastante comum, principalmente nas construções artesanais. Assim podem ser encontrados abrigos para cultivo protegido (normalmente o modelo arco) com cobertura de estrutura metálica apoiada sobre postes de madeira ou de concreto (pouco comum), ou ainda malha de arames de aço esticados, também sobre postes de madeira ou concreto, como no modelo plano (tipo Londrina).

A escolha das combinações adequadas pode reduzir os custos de construção dos abrigos, pela substituição de materiais de maior custo por outros mais baratos, bem como pela diminuição dos custos de mão de obra e de transporte, sem que isso implique o aumento dos custos de manutenção ou corresponda, necessariamente, à redução da vida útil da construção.

2.5 Cargas atuantes na estrutura dos abrigos

As estruturas dos abrigos para cultivo protegido devem maximizar a transmissão da radiação solar, para que as plantas possam se desenvolver adequadamente, mas, também, devem estar aptas a suportar, de forma segura, os diferentes carregamentos a que estão submetidas.

O colapso da estrutura pode significar prejuízos de grande monta, alguns diretos, relacionados à perda do abrigo e, eventualmente, do cultivo, e outros indiretos, advindos da paralisação na operação da estrutura, para seu reparo ou substituição, período no qual se deixa de produzir.

Com base no que é apresentado por Hanan (1998), Elsner et al. (2000a) e Mantallana Gonzalez e Montero Camacho (2001), mas considerando-se as condições e realidades brasileiras, as cargas podem ser classificadas em:

- **permanentes**: correspondem ao peso próprio da estrutura e do material de cobertura. Podem ser incluídas as cargas de equipamentos fixos, apoiados na estrutura, tais como sistemas de ventilação ou de resfriamento, sistemas de sombreamento, sistemas de irrigação, entre outros. Os filmes plásticos usados na cobertura de abrigos representam cargas muito pequenas (da ordem de 100 g m^{-2}, para filmes de 100 μm de espessura), quando comparados a outros materiais, como o vidro, ou à própria estrutura;
- **variáveis**: são cargas de ação eventual, e as mais importantes correspondem à ação do vento sobre as paredes do abrigo (teto e paredes laterais) e ao peso das plantas, quando o sistema de tutoramento é apoiado na estrutura. Outras cargas variáveis são decorrentes do peso da água de chuva acumulada na cobertura (deve ser evitado e só ocorre por falha de projeto ou de construção, com fixação inadequada do filme plástico) e de cargas de serviço, que surgem durante a construção ou a manutenção do abrigo, e referem-se ao peso de homens trabalhando e de seus equipamentos.

A simultaneidade de ocorrência das cargas deve ser considerada em sua pior combinação e o dimensionamento da estrutura deve levar em conta as propriedades mecânicas dos materiais utilizados, segundo as normas técnicas em vigor.

As cargas devem ser transmitidas com segurança ao solo através de blocos de fundação, que, também, devem responder pela ancoragem da estrutura.

2.6 Dimensões

Para uma mesma superfície coberta, quanto maior a altura de pé-direito do abrigo, maior seu volume. Abrigos com maior volume exibem menores flutuações no microclima interno,

respondendo mais lentamente às mudanças externas de clima. Por outro lado, abrigos mais altos estão mais sujeitos à ação dos ventos e, portanto, demandam estruturas mais estáveis (ELSNER et al. 2000a).

Em regiões de clima quente, projetos que contemplem abrigos com maior altura de pé-direito proporcionam melhores condições de temperatura interna e de ventilação. Assim, a recomendação é que a altura de pé-direito não seja inferior a 2,5 m, nos abrigos de construção artesanal, e a 3,0 m, naqueles de fabricação industrial.

As dimensões de abrigos tipo capela, construídos em madeira, variam de 5 m a 10 m de largura por 20 m a 50 m de comprimento, para pavilhões isolados. Para abrigos geminados, a área total coberta é determinada pelas necessidades do produtor, porém os pavilhões têm em torno de 7 m de largura, cada.

Nos modelos capela de fabricação industrial, a largura de pavilhões isolados varia de 5 m a 8 m, dependendo do fabricante, e o comprimento é obtido pela adição, conforme a necessidade, de módulos de 3 m a 5 m. Nos abrigos geminados, a largura total é múltipla da largura individual e é função do número de pavilhões, enquanto o comprimento é função do número de módulos.

Para os modelos arco, de construção artesanal, a largura varia de 5 m a 7 m, e não há limitações para o comprimento, que normalmente não excede os 50-60 m. Para aqueles de fabricação industrial, o padrão de medidas é semelhante aos dos modelos capela.

3 O microclima no ambiente protegido

O microclima no abrigo para cultivo protegido difere sensivelmente das condições climáticas externas, embora as variações do primeiro sejam bastante dependentes das variações destas últimas.

Podem ser observadas modificações quantitativas e qualitativas da radiação, bem como alterações na temperatura e na umidade do ar, em função de uma série de fatores relacionados com o projeto e o manejo dos abrigos e, também, com a espécie cultivada.

Ainda, o microclima que se forma no interior do abrigo não é uniforme, variando do centro para as extremidades e do solo para o teto.

3.1 Conceituando o 'efeito estufa'

O Sol, considerado como corpo negro cuja temperatura de superfície está em torno de 6.000 K, emite radiação com espectro entre 0,2 μm e 2,5 μm, conhecida por radiação solar ou de ondas curtas, com máxima emissão, segundo a Lei de Wien, por volta de 0,5 μm.

A radiação solar, ao incidir sobre a cobertura transparente dos abrigos para cultivo protegido, tem uma parcela refletida e outra transmitida (nas formas direta e difusa) para o interior, enquanto uma fração muito pequena é absorvida pela cobertura (Figura 5).

No interior do abrigo, as superfícies protegidas (plantas, solo, estrutura, equipamentos) refletem de volta parte da radiação solar que atravessou a cobertura e o restante é absorvido, determinando seu aquecimento, à exceção das plantas, que mantêm sua temperatura próxima (normalmente abaixo) da temperatura do ar, por perderem grande parte do excesso de energia através da transpiração (PAPADAKIS et al., 2000).

As superfícies aquecidas no interior do abrigo emitem energia na forma de radiação de ondas longas, entre 2,5 μm e 25 μm (infravermelho térmico), a qual é, parcialmente, interceptada pela cobertura, em percentual que depende da transparência do material a esta faixa do espectro eletromagnético. Esse processo impede que parcela da radiação de ondas longas emitida pelas superfícies protegidas seja dissipada para o espaço e, dessa maneira, parte da energia recebida pelo abrigo é armazenada.

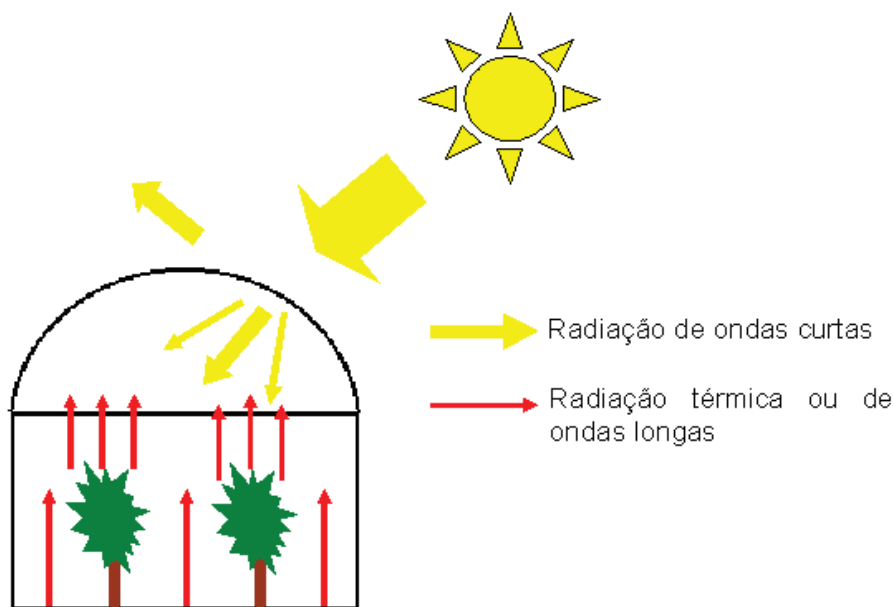



Figura 5 - Esquema do 'efeito estufa' propriamente dito (efeito radioativo), em que a cobertura transmite a radiação solar e intercepta as radiações térmicas emitidas pelas superfícies protegidas.
Fonte: Os autores.

O aquecimento do ar, por sua vez, ocorre através de trocas de calor por convecção, após seu contato com superfícies aquecidas pela absorção de radiação solar, tais como o solo, a cobertura, a estrutura e os equipamentos. A quantidade de calor recebida depende do gradiente térmico, do coeficiente de convecção e da taxa de renovação do ar. Dado que, no ambiente protegido, o ar se encontra relativamente confinado, com restrições para troca de energia e massa com o ar externo, o aquecimento interno do abrigo é bastante sensível durante o dia (PAPADAKIS et al., 2000; CASTILLA, 2005).

O 'efeito estufa', modernamente, refere-se, então, à combinação dos efeitos dos processos radioativo e convectivo.

3.2 Alterações na disponibilidade de radiação no interior dos abrigos

A radiação solar é fundamental para o crescimento das plantas, por ser necessária para a fotossíntese, processo básico da produção vegetal, e por se constituir no principal fator que afeta a transpiração. Grosseiramente, o incremento de 1% na disponibilidade de radiação resulta em um aumento de 1% na produtividade das culturas, embora essa regra seja verdadeira somente quando os níveis de saturação nos cloroplastos não tenham sido alcançados, as concentrações de CO_2 não sejam limitantes e a temperatura do ar seja adequada (PAPADAKIS et al., 2000).

Assim, o nível de radiação no interior dos abrigos é determinante da produção, e pequenas alterações na transmissividade podem ter efeito significativo no desenvolvimento das plantas.

O material de cobertura ideal deveria permitir 100% de transmissividade à radiação solar, particularmente à radiação fotossinteticamente ativa (0,4 μm e 0,7 μm), aquela efetivamente utilizada pelas plantas durante o processo de fotossíntese e responsável pela conversão de energia radiante em energia química; entretanto tal material não existe (HANAN, 1998).

O fluxo de radiação que atravessa a cobertura depende de diversos fatores:

- **hora do dia, dia do ano e latitude do local**: são fatores relacionados à posição relativa do Sol, que indicam o ângulo de incidência dos raios em determinada localidade e que, juntamente com a geometria e a orientação da cobertura, têm relação estreita com a disponibilidade de radiação no interior dos abrigos (KOZAI, 1977; KOZAI; KIMURA, 1977; GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; HANAN, 1998; CASTILLA, 2005);

- **geometria da cobertura**: quanto menor o ângulo de incidência (aquele formado entre a perpendicular à cobertura e o raio solar), maior a transmissividade e menor a parcela de radiação refletida (Figura 6). Os projetos de abrigos para cultivo protegido devem prever formatos de cobertura que permitam ângulos favoráveis de incidência naqueles períodos do ano em que a disponibilidade de radiação é, naturalmente, menor (KOZAI, 1977; KURATA, 1990; SILVA, 1997; HANAN, 1998; SORIANO et al., 2004; CASTILLA, 2005);

- **orientação do abrigo**: entendida como a direção da linha da cumeeira, também está relacionada com o ângulo de incidência dos raios solares, interferindo na disponibilidade e na uniformidade de distribuição da radiação no interior dos abrigos. Em locais de maior latitude, principalmente no outono-inverno, a orientação leste-oeste permite maior transmissividade da radiação, porém a orientação norte-sul determina melhor distribuição da mesma, notadamente, para abrigos geminados (KOZAI, 1977; KOZAI; KIMURA, 1977; SKOV, 1989; KURATA, 1990; ASSIS; ESCOBEDO, 1998; PAPADAKIS et al., 1998; PIETERS; DELTOUR, 1999; CASTILLA, 2005), como ilustrado nas Figuras 7a e 7b. Para pavilhões isolados, a orientação leste-oeste é a melhor opção (ASSIS, 2004);

- **propriedades do material de cobertura**: os materiais comumente empregados na cobertura (vidro, plásticos rígidos estruturados, filmes plásticos de diversas natureza, telas plásticas) apresentam, como já discutido, distintas transmitâncias aos diferentes comprimentos de onda do espectro (DUNCAN; WALKER, 1975; GODBEY; BOND; ZORNING, 1979; NIJSKENS et al., 1985; BUREK; NORTON; PROBERT, 1989; BLISKA JR.; HONÓRIO, 1994; POLLET; PIETERS, 1999a; KITTAS; BAILLE; GIAGLARAS, 1999; COHEN; FUCHS, 1999; FARIA JUNIOR, 2001). A transmissividade pode ser alterada pela presença de poeira ou condensação de água nas superfícies interna e externa da cobertura e, no que se refere aos materiais plásticos, as propriedades ópticas podem se deteriorar com o tempo de uso, em função, basicamente, de processos de fotodegradação (POLLET; PIETERS, 1999b; POLLET; PIETERS, 2000; DILARA; BRIASSOULIS, 2000; PAPADAKIS et al., 2000; BRIASSOULIS et al., 2004; CASTILLA, 2005);

- **condições meteorológicas locais**: a predominância de radiação solar difusa (céu nublado) ou direta (céu limpo) interfere na transmissividade da cobertura, que, de maneira geral, é incrementada quando externamente predomina a radiação difusa. Nesse caso, não há influência significativa do formato da cobertura, uma vez que a radiação dispersa procede de todas as direções da abóbada celeste (GIACOMELLI; ROBERTS, 1993; RICIERI; ESCOBEDO, 1996; FARIA JUNIOR, 1997; HANAN, 1998; CASTILLA, 2005).

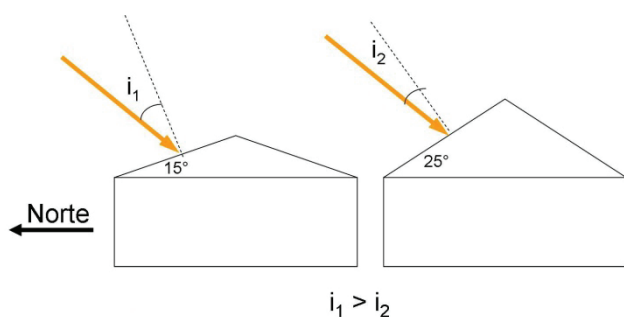



Figura 6 - Influência da inclinação da cobertura sobre o ângulo de incidência dos raios solares. Neste exemplo, para o mesmo dia do ano (inverno) e local (hemisfério sul), a cobertura com menor inclinação recebe os raios solares com maior ângulo de incidência, o que resulta em menor transmissividade.

Fonte: Os autores.

Para as condições brasileiras, de modo geral, ocorre uma redução de 5% a 35% na disponibilidade de radiação no interior dos abrigos, em comparação ao campo aberto, dependendo da região, do tipo de material da cobertura e do ângulo de elevação do Sol (MARTINS et al., 1999). Uma vez que as atenuações na radiação incidente podem ser relevantes, principalmente, no inverno, em altas latitudes, a sua disponibilidade no interior do ambiente protegido deve garantir, no mínimo, o limite trófico de 8,4 $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ (ou 200 Kcal cm^{-2} dia^{-1}) e, assim, a produção de assimilados necessários para manter a cultura (CASTILLA, 1997; ANDRIOLO, 2000; FAO, 2002).

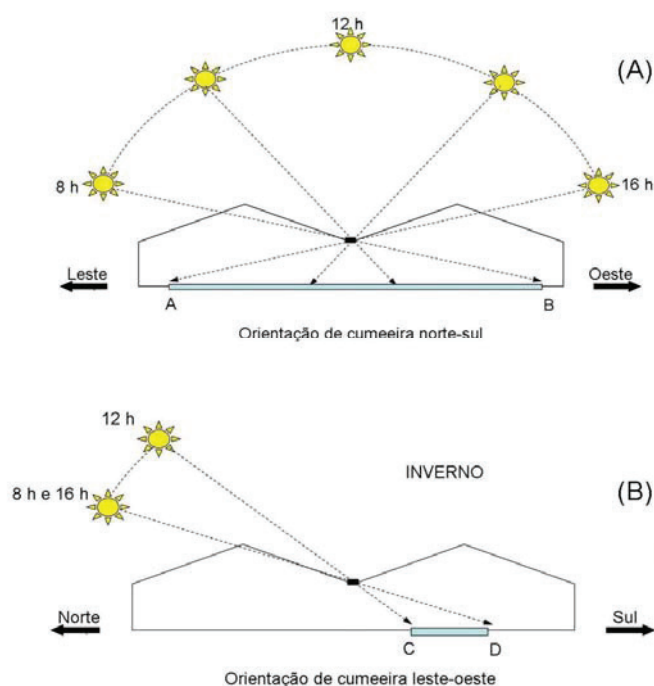



Figura 7 - Deslocamentos (A-B) e (C-D) da sombra da calha, ao longo do dia, em abrigo com orientação norte-sul (A) e em abrigo com orientação leste-oeste (B).

Fonte: Adaptado de Castilla (2005).

Além das modificações quantitativas da radiação solar no interior do abrigo, ocorrem, também, modificações qualitativas importantes, tanto na proporção de radiação difusa como na distribuição do espectro.

No interior dos abrigos para cultivo protegido, a parcela de radiação difusa é maior que externamente, mas essa capacidade de dispersão dos raios solares varia conforme o material utilizado na cobertura. O incremento na radiação difusa é desejável, já que, por ser multidirecional, atinge o dossel das plantas de maneira mais eficiente. Atualmente, é possível encontrar, no mercado, filmes plásticos fabricados com aditivos específicos, com elevada capacidade de dispersão da radiação solar (FARIAS et al., 1993b; RICIERI; ESCOBEDO,1996; HANAN, 1998; CASTILLA, 2005).

O espectro de radiação que alcança as plantas também pode ser modificado pelo material de cobertura. Essas alterações qualitativas na radiação transmitida para o interior do abrigo para cultivo protegido têm efeito morfogênico e podem resultar em mudanças na arquitetura e na forma das plantas (KITTAS; BAILLE, 1998; REISSER JUNIOR et al., 2003).

Paralelamente ao conceito de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), vários fisiologistas têm definido o conceito de 'radiação morfogenicamente ativa' (RMA), relacionada aos efeitos dos comprimentos de onda na faixa do azul e, principalmente, do vermelho (660 nm) e do vermelho-distante (730 nm), que atuam sobre o equilíbrio entre as formas ativas e inativas dos fitocromos, com reflexo na morfologia das plantas (KITTAS; BAILLE; GIAGLARAS, 1999).

O modo mais fácil, e mais frequente, de caracterizar as respostas do fitocromo é através do cálculo da razão entre as densidades de fluxo de fótons na banda vermelho (G_{660}) e do vermelho-distante (G_{730}), conhecido por razão vermelho/vermelho-distante (ζ) ou, também, por índice morfogênico, definido por:

$$\zeta = \frac{\int_{655}^{665} E(\lambda) \cdot d(\lambda)}{\int_{725}^{735} E(\lambda) \cdot d(\lambda)} = \frac{G_{660}}{G_{730}}$$

em que $E(\lambda)$ corresponde à densidade de fluxo de fótons no comprimento de onda λ, conforme Kittas, Baille e Giaglaras (1999).

Incremento na razão ζ favorece a ramificação lateral e reduz a elongação do caule (ou haste), ao passo que o aumento no valor de ζ reduz a área foliar e a ramificação, incrementando a elongação do caule (ou haste), determinando a dominância apical (PAPADAKIS et al., 2000).

Trabalhos de Kittas e Baille (1998) e Kittas, Baille e Giaglaras (1999) demonstraram que os materiais de cobertura convencionais (não seletivos), entre eles o PEBD, não modificam significativamente a razão ζ no interior dos abrigos, em comparação ao ambiente externo. Todavia o uso de materiais especiais, como os filmes fluorescentes (coloridos), modifica sensivelmente a relação entre as bandas do vermelho e do vermelho-distante, o que pode se constituir em mais uma ferramenta no manejo das culturas.

3.3 Alterações na temperatura do ar no interior dos abrigos

A temperatura interna é resultado do balanço energético dos abrigos, sendo, portanto, bastante dependente da radiação incidente, das condições externas de movimentação do ar e da inércia da cobertura (KITTAS et al., 1987; FARIA JUNIOR, 2001).

A radiação solar constitui a principal (quando não, a única) fonte de energia para os abrigos. Durante o dia, a cobertura, a estrutura e, principalmente, a superfície do solo absorvem parte da radiação incidente (ondas curtas) e sua temperatura aumenta. O ar, em contato com essas superfícies, absorve calor a uma taxa que depende das diferenças de temperatura, dos coeficientes de transferência de calor e dos níveis de ventilação, resultando na elevação de sua temperatura (ALPI; TOGNONI, 1991; SERRANO CERMEÑO, 1994; HANAN, 1998; PAPADAKIS et al., 2000).

Favorece ainda o maior aquecimento do ar, nas áreas sob proteção, o maior confinamento do mesmo, que dificulta os intercâmbios convectivos com o ambiente externo (PAPADAKIS et al., 2000; CASTILLA, 2005). Logo, dentro dos abrigos para cultivo protegido, podem ser alcançadas graduações, para as temperaturas máximas do ar, bastante superiores àquelas de área aberta

(HERTER; REISSER JR., 1987; FARIAS et al., 1993a; FARIA JUNIOR, 1994; FARIA JUNIOR, 1997; BURIOL et al., 2004; SOUSA et al., 2005; entre outros).

Todavia, no período noturno, as temperaturas internas se aproximam das externas, com valores de temperatura mínima ligeiramente superiores ou similares às encontradas fora do abrigo, em área aberta (FARIA JUNIOR et al., 1993; FARIA JUNIOR, 1997; BURIOL et al., 2004; SOUSA et al., 2005; entre outros). A velocidade com que as temperaturas internas se aproximarão das externas depende do material de cobertura, do volume de ar do abrigo e das condições externas de clima. Em estruturas de proteção com material de cobertura muito transparente às radiações térmicas, como os filmes de PEBD, em dias de céu claro e pouco vento, pode ocorrer até mesmo inversão térmica, em que as menores temperaturas são encontradas no interior do abrigo (CASTILLA, 2005).

A distribuição horizontal das temperaturas no interior dos abrigos não é uniforme, decrescendo do centro para as extremidades (CASTILLA, 2005), porém não de forma tão sensível quando se trata de pavilhões isolados (FARIA JUNIOR, 1994).

O perfil vertical de temperatura tem valores crescentes do solo para o teto (HERTER; REISSER JUNIOR, 1987; FARIA JUNIOR, 1994; ALPI; TOGNONI, 1991), resultado dos processos convectivos, ao que se deve estar atento, no projeto dos abrigos, no que se refere à altura de pé-direito e à posição das aberturas de ventilação.

3.4 Alterações na umidade do ar no interior dos abrigos

A umidade relativa do ar no interior dos abrigos para cultivo protegido depende da temperatura, da taxa de renovação e do aporte de vapor d'água procedente da transpiração das plantas e do solo.

Durante o dia, a umidade relativa do ar diminui com o incremento na temperatura, mesmo que a umidade absoluta aumente com a transpiração das plantas. À noite, a mesma se eleva com a queda de temperatura do ar, podendo alcançar a saturação, com condensação do vapor d'água sobre as superfícies do abrigo, principalmente, na cobertura (CASTILLA, 2005).

Em pavilhões isolados, os valores de umidade relativa não diferem daqueles observados externamente (MARTINS, 1992; FARIA JUNIOR, 1997; FARIA JUNIOR, 2001; SOUSA et al., 2005), porém, sob extensas áreas cobertas, podem ser encontradas amplitudes de variação da umidade relativa do ar distintas daquelas do ambiente externo.

O déficit de saturação de vapor d'água aumenta com a elevação da temperatura, resultando em maior demanda evaporativa do ar, nos horários mais quentes do dia. No interior dos abrigos, pode atingir níveis indesejáveis, reduzindo a condutância estomática, com consequências negativas sobre a fotossíntese e a transpiração (ALPI; TOGNONI, 1991; FARIA JUNIOR, 2001). Valores considerados adequados para o déficit de saturação, em ambiente protegido, situam-se entre 0,2 kPa e 1,0 kPa, embora sejam comuns valores entre 0 e 3,5 kPa (ALPI; TOGNONI, 1991).

4 Condicionamento térmico do ambiente protegido

Em regiões tropicais, um dos problemas mais relevantes diz respeito às altas temperaturas registradas no interior de abrigos destinados ao cultivo protegido de plantas. A maior preocupação com o condicionamento térmico refere-se à adoção de mecanismos eficientes de refrigeração que reduzam a temperatura interna.

Dentre esses mecanismos, encontram-se a ventilação natural (ou estática) e a ventilação forçada (ou mecânica), as quais podem, na melhor hipótese, reduzir a temperatura interna aos valores encontrados externamente. Assim, a redução da temperatura do ar através da ventilação pode ser

suficiente para se obterem níveis térmicos adequados às culturas, desde que a temperatura externa não seja, também, excessiva. Se houver a necessidade de reduções maiores de temperatura, então, deverão ser adotados mecanismos de resfriamento evaporativo.

O uso de telas de sombreamento também pode constituir-se em ferramenta para redução da temperatura dos abrigos, por meio da diminuição no aporte de radiação, mas devem ser utilizadas com critério, pois nem sempre são eficazes e podem resultar em prejuízo na produção pela redução excessiva na disponibilidade de radiação para as plantas.

4.1 Ventilação Natural

A ventilação natural é o método de condicionamento térmico mais empregado e aquele com menor custo. Ocorre em razão das diferenças de pressão causadas por ação do vento (efeito do vento) ou por diferenças de temperatura entre o ambiente interno e externo (efeito térmico). Sua eficiência, quantificada pela taxa de renovação do ar, é bastante dependente das características das aberturas de ventilação (localização, superfície e presença de obstruções, como malhas de proteção e defletores) e dos obstáculos internos (equipamentos, espécie cultivada e disposição das linhas de cultivo).

O efeito térmico, ou efeito 'chaminé', é resultado de movimentos convectivos do ar e surge devido à existência de um gradiente térmico no interior do abrigo (BAETA; SOUZA, 1997; HANAN, 1998).

A eficiência da ventilação por efeito térmico depende das diferenças de temperatura entre o ambiente interno e externo e da diferença de altura entre as aberturas de entrada e de saída, ou seja, além de aberturas laterais, são necessárias aberturas zenitais (Figura 8), que serão tanto mais eficientes quanto mais alto for o abrigo (CASTILLA, 2005).

Porém, quando a velocidade do vento supera 2 $m.s^{-1}$, o principal efeito passa a ser aquele resultante da ação dos ventos, desde que a superfície e a localização das aberturas para ventilação sejam adequadas (HANAN, 1998; CASTILLA, 2005).

Assim, nas paredes expostas ao vento, formam-se regiões de sobrepressão, e nas paredes opostas, formam-se regiões de subpressão, ao passo que, no teto, a distribuição de pressão dependerá de sua geometria. A colocação de aberturas em paredes sujeitas à sobre pressão, funcionando como entrada, e em paredes com subpressão, funcionando como saída, permite a movimentação de ar pelo abrigo. A ventilação será tanto mais intensa quanto maior o gradiente de pressão entre uma abertura e outra.

A taxa de renovação do ar é proporcional à velocidade do vento, para valores superiores a 2 $m.s^{-1}$, mas depende, também, das dimensões do abrigo e de sua orientação em relação ao vento.

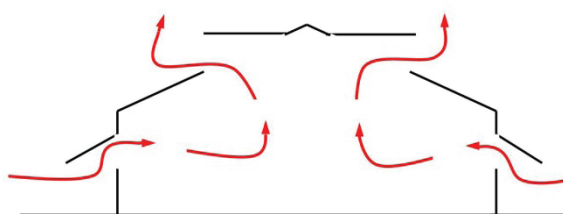



Figura 8 - Esquema de ventilação natural por efeito térmico (efeito 'chaminé'), que ocorre através de processos convectivos, com o ar fresco entrando por aberturas laterais e o ar aquecido (menos denso) saindo por aberturas zenitais.
Fonte: Os autores.

O projeto e a operação dos abrigos, no que se refere às aberturas para ventilação, devem favorecer a ação combinada dos processos térmico e por ação dos ventos, de modo que se obtenha um efeito somatório. Desse modo, janelas zenitais devem ser abertas sempre a sotavento, na

ocorrência de ventos fortes, pois, assim, funcionarão como saída para o ar (zona de baixa pressão), não se contrapondo ao efeito chaminé (Figura 9).

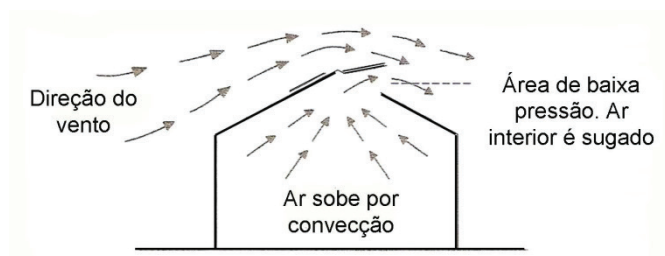



Figura 9 - Ventilação natural em que ocorre ação combinada (somatória) entre os efeitos térmico e por ação dos ventos.
Fonte: Adaptado de Castilla (2005).

O sistema de ventilação natural deve ser dimensionado para condições climáticas extremas, definidas pela máxima incidência de radiação solar (meio-dia local) e velocidade zero do vento. Para abrigos com aberturas laterais e no teto, Kittas, Boulard e Papadakis (1997) propuseram uma estimativa da área de aberturas de ventilação, como segue:

$$\frac{A_T}{A_{SC}} = \left(\frac{B_0}{B_0+1}\right)\cdot(\eta \cdot R_S)\cdot\left(\frac{2}{C_d}\right)\cdot\left(\frac{g}{T_E}\right)^{-0,5}\cdot \rho^{-1}\cdot C_P^{-1}\cdot h^{-0,5}\cdot \Delta T^{-1,5}$$

em que:

A_T – área total das aberturas de ventilação (m^2), que corresponde à soma das áreas de aberturas nas paredes laterais (A_{PL}) e de aberturas na cobertura (A_C). Assume-se que $A_{PL} = A_C$;

A_{SC} – superfície de solo coberta (m^2);

B_0 – razão de Bowen (admensional); assumido como 0,5 o valor característico de cultivos protegidos bem irrigados;

η – transmissividade da radiação solar (abrigo), adotado o valor médio de η = 0,7 (FARIA JUNIOR, 1997; FARIA JUNIOR, 2001);

R_S – radiação solar (W.m^{-2});

C_d – coeficiente de descarga (admensional); conforme Kittas, Boulard e Papadakis (1997), C_d= 0,75;

g – constante gravitacional (9,81 m.s^{-2});

T_E – temperatura externa do ar (K);

ρ– densidade do ar (kg.m^{-3});

C_p – calor específico do ar (J.kg^{-1}.K^{-1});

h – distância vertical (m) entre o centro da abertura na parede lateral e o centro da abertura na cobertura (abertura zenital);

ΔT – gradiente entre temperatura interna e externa do abrigo (K).

Substituindo-se, na equação acima, os valores de C_d, g, B_0, η, bem como de ρ e C_p, para temperatura do ar (T_E) de 303 K (30 °C), encontra-se:

$$\frac{A_T}{A_{SC}} = 0{,}0030 \cdot R_S \cdot h^{-0,5} \cdot \Delta T^{-1,5}$$

Essa relação permite, segundo Kittas, Boulard e Papadakis (1997), uma estimativa preliminar da área mínima de abertura para ventilação, por unidade de superfície coberta, para um dado gradiente térmico (ΔT) entre os ambientes interno e externo, sob um regime de máxima incidência de radiação solar e sem vento. Na Figura 10, são mostradas as evoluções de A_T / A_{SC}, para diferentes níveis de radiação e valores de ΔT, com base na aplicação numérica da equação acima.

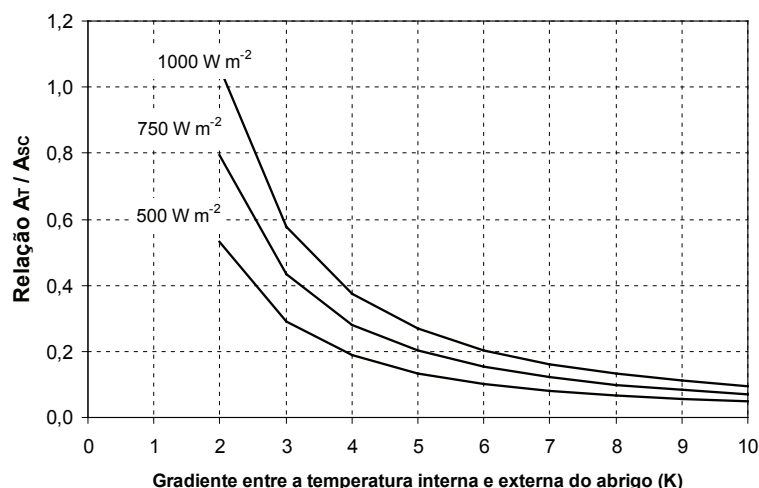



Figura 10 - Área de abertura para ventilação por unidade de superfície coberta, em função da diferença de temperatura do ar interno e externo (ΔT), para diferentes valores de radiação incidente e velocidade do vento igual a zero, em abrigos com aberturas para ventilação nas paredes laterais e no teto com igual área.

Fonte: Adaptado de Kittas, Boulard e Papadakis (1997).

As estimativas apresentadas na Figura 10 foram calculadas com distância vertical unitária (h=1) entre o centro das aberturas das paredes laterais e aquele das aberturas no teto. Para $h \neq 1$, os valores obtidos na referida figura devem ser corrigidos pelos fatores de correção apresentados na Tabela 1. Ainda, foi assumido que a área de aberturas laterais para a ventilação (A_{PL}) é igual a área de aberturas para ventilação do teto (A_C), o que é considerado como equilíbrio ótimo para uma dada área total de ventilação (A_T) e, naqueles casos em que A_{PL} / A_C $\neq 1$, os valores obtidos devem ser corrigidos pelos fatores de correção apresentados na Quadro 2.

Como exemplo, para uma irradiância de 750 W m^{-2} e um gradiente térmico de 4 K (ou seja, temperatura máxima interna de 34 °C), o índice de ventilação, determinado através da Figura 10, estaria em torno de 0,3 ou 30%, para h= 1 m. Entretanto, se a distância vertical entre as aberturas de ventilação for de 2 m, o índice de ventilação necessário, para o mesmo gradiente térmico, conforme correção da Tabela 1, será 0,3 x 0,71 = 0,21 m^2 de abertura de ventilação por m^2 de superfície de piso coberto, ou 21%.

Tabela 1 - Fatores de correção para distintos valores de distância vertical (h), entre o centro das aberturas de ventilação laterais e o centro das aberturas de ventilação na cobertura

h (m)	Fator de correção
1,0	1,00
1,5	0,82
2,0	0,71
2,5	0,63
3,0	0,58

Fonte: Kittas, Boulard e Papadakis (1997).

Tabela 2 - Fatores de correção para distintos valores da relação entre a área de aberturas laterais para ventilação (A_{PL}) e área de aberturas para ventilação do teto (A_C)

A_{PL} / A_C ou A_C / A_{PL}	Fator de correção
1,0	1,00
1,5	1,60
2,0	1,18
2,5	1,33
3,0	1,49

Fonte: Kittas, Boulard e Papadakis (1997).

Recomendam-se índices de ventilação (relação entre a superfície das aberturas e a superfície coberta de solo) entre 15% e 25%, porém a posição e o formato das janelas de ventilação influenciam significativamente a taxa de renovação do ar (HANAN, 1998; ELSNER et al., 2000b; CASTILLA, 2005).

4.2 Ventilação forçada ou mecânica

É utilizada sempre que os meios naturais não proporcionarem a adequada renovação do ar. Normalmente, são empregados ventiladores axiais (Figura 11), de baixa pressão e alta vazão, para injetar ou extrair o ar (CASTILLA, 2005).

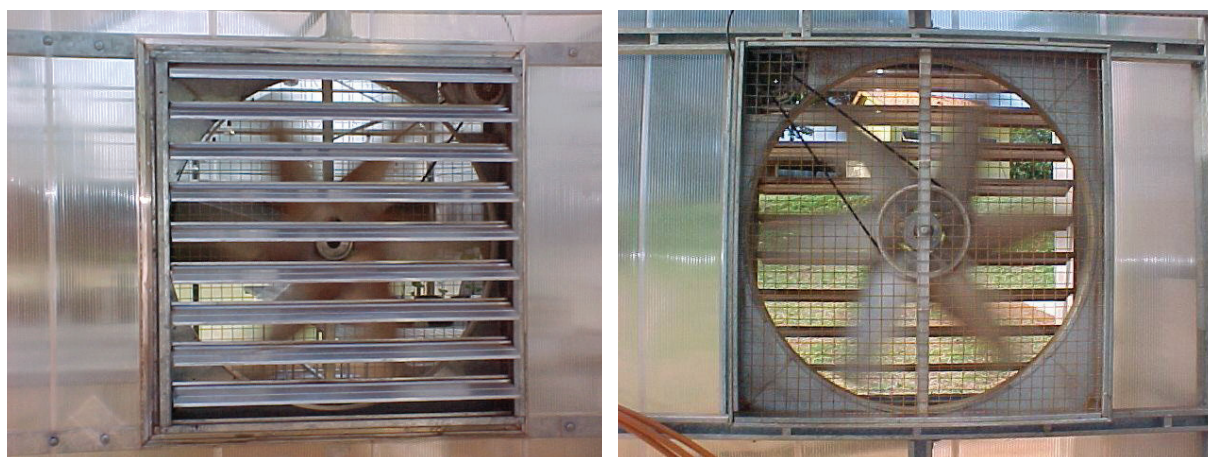



Figura 11 - Ventilador axial utilizado em abrigos para cultivo protegido e mecanismo de proteção do exaustor, com aletas móveis (abertura e fechamento automáticos) para evitar a entrada de insetos.
Fonte: Os autores.

As seguintes recomendações devem ser observadas (MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001; CASTILLA, 2005):

- a vazão dos ventiladores deve ser calculada para atender de 20 a 30 renovações do ar por hora, no outono e na primavera, e de 40 a 80 renovações do ar por hora, no verão, com pressão estática de 0,03 kPa;

- a distância entre ventiladores, em uma mesma parede, não deve exceder 7,5 m, para assegurar a uniformidade do fluxo;
- a distância entre os ventiladores e as aberturas de ventilação não deve exceder 60 m e nem ser inferior a 30 m. Quando esta última condição não for atendida, a velocidade do ar deve ser corrigida por um fator (F_{vel}) dado por:

$$F_{VEL} = \frac{5,5}{\sqrt{D}}$$

em que D é a distância (m) entre as aberturas de ventilação e os ventiladores;

- se forem utilizados exaustores, esses devem ser instalados a sotavento dos ventos dominantes no verão, porém, se forem instalados a barlavento, devem ter um acréscimo de vazão de 10%;
- deve haver uma distância mínima entre os obstáculos e a saída do ventilador, equivalente a 1,5 vez o diâmetro do ventilador;
- a superfície das aberturas de ventilação deve corresponder, no mínimo, a 1,25 vez a área dos ventiladores;
- no cálculo da ventilação, deve ser considerada a altitude do local, visto que a densidade do ar decresce com a altitude, reduzindo a eficiência da ventilação. Como fator de correção, emprega-se o quociente entre a pressão barométrica ao nível do mar (101,3 kPa) e a pressão barométrica do local;
- a circulação do ar deve ser horizontal, com ventiladores insuflando ou extraindo ao ar, com velocidades que não excedam 1,0 m s^{-1}.

Quando o sistema de ventilação insufla ar para o interior do abrigo, a pressão interna se eleva em relação à externa, e o ar interno é movimentado para fora (Figura 12a). Quando há exaustão, a pressão interna é menor que a externa, e o ar é sugado para dentro do abrigo (Figura 12b). O primeiro é chamado de sistema de ventilação de pressão positiva e o último, de sistema de ventilação de pressão negativa (BAETA; SOUZA, 1997).

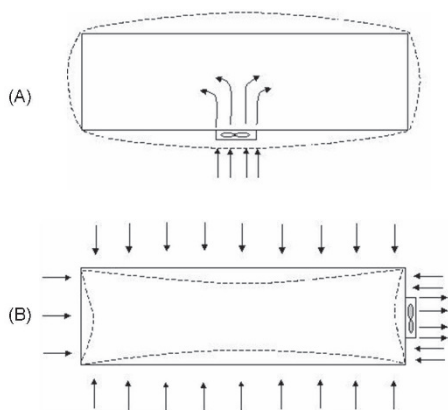



Figura 12 - Ventilação por pressão positiva (A), com ventilador insuflando ar para o interior do abrigo, e por pressão negativa (B), em que o ar é sugado.
Fonte: Embrapa (2003).

4.3 Resfriamento evaporativo adiabático

Mesmo quando bem ventilados, a temperatura interna dos abrigos, no máximo, se reduz àquela registrada externamente. Se as condições térmicas, fora do abrigo, também forem limitantes ao adequado desenvolvimento das plantas, então será necessária a adoção de sistemas de resfriamento evaporativo.

O princípio desses sistemas é a troca adiabática de calor e massa, em que o ar a ser resfriado, com menor pressão de vapor que uma superfície umedecida ou de água livre, cede calor sensível para o processo de evaporação, resfriando-se, e ganha calor latente, com o vapor d'água adicionado, portanto, com entalpia constante. O sistema será mais eficiente, quanto menor for a umidade do ar.

Os principais métodos de resfriamento são a nebulização e o uso de painel evaporativo associado à ventilação.

4.3.1 Nebulização

Tem por finalidade criar uma fina névoa, para refrigerar o ambiente protegido, o que é obtido com bombeamento de alta pressão e uso de difusores (nebulizadores) apropriados (Figura 13).

O volume de água aplicado em dado intervalo de tempo tem sua superfície específica enormemente aumentada com a nebulização, acelerando a vaporização da água, pelo incremento nos processos de troca de calor e massa.

As gotas de água devem ser suficientemente pequenas para que não cheguem a molhar as plantas. Por isso, devem ser produzidas a certa altura, normalmente logo abaixo da cobertura, e devem apresentar tamanho bastante reduzido, de tal modo que caiam lentamente e evaporem antes de alcançarem as plantas, absorvendo calor e resfriando o abrigo.

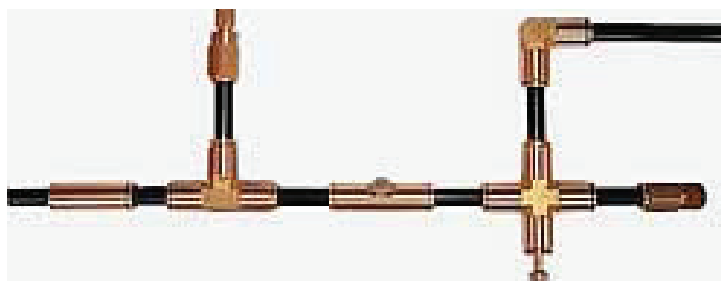
Figura 13 - Névoa de minúsculas gotas formadas pelo bombeamento de alta pressão da água, através de nebulizador.
Fonte: Imagem da Val-Co®.

Para melhor eficiência, as gotas devem apresentar tamanho entre 0,5 μm e 50 μm, visto que a velocidade de evaporação e a taxa de resfriamento diminuem com o aumento no tamanho da gota (MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001; CASTILLA, 2005).

Com a nebulização e a evaporação da névoa, são retirados do ar 2,45 $kJ.g^{-1}$ de água evaporada. O ar resfriado, mais denso, tende a descer, induzindo o movimento convectivo.

Nos sistemas de maior eficiência, a pressão de trabalho se situa entre 4 e 7 MPa e a vazão dos nebulizadores é de aproximadamente 7 $L.h^{-1}$, com um consumo de água de 2,5 a 4,2 $L.m^{-2}.dia^{-1}$, com 6 horas diárias de funcionamento e uma densidade de nebulizadores de 0,06 a 0,1 m^{-2} (CASTILLA, 2005).

O sistema deve contar com bomba hidráulica (normalmente de pistão) e tubulações de alta pressão, nebulizadores (de câmara de turbulência ou de agulha) e sistema de filtros, além dos sistemas de controle (Figura 14).

Bomba de pistão de alta pressão e filtro

Tutulação de alta pressão e conexões

Nebulizadores

Controlador

Figura 14 - Constituintes de um sistema de nebulização.
Fonte: Imagens da PerfectCool® e PrimeTech®.

A qualidade da água (teor de sais dissolvidos e de bicarbonato) interfere no funcionamento do sistema e pode reduzir sua eficiência, principalmente, pela formação de obstruções nos nebulizadores.

4.3.2 Sistemas com painel evaporativo

Neste sistema, o ar é forçado a atravessar um painel poroso umedecido, onde ocorrem as trocas de calor e massa, com seu resfriamento antes de sua condução para o interior do ambiente protegido (Figura 15).

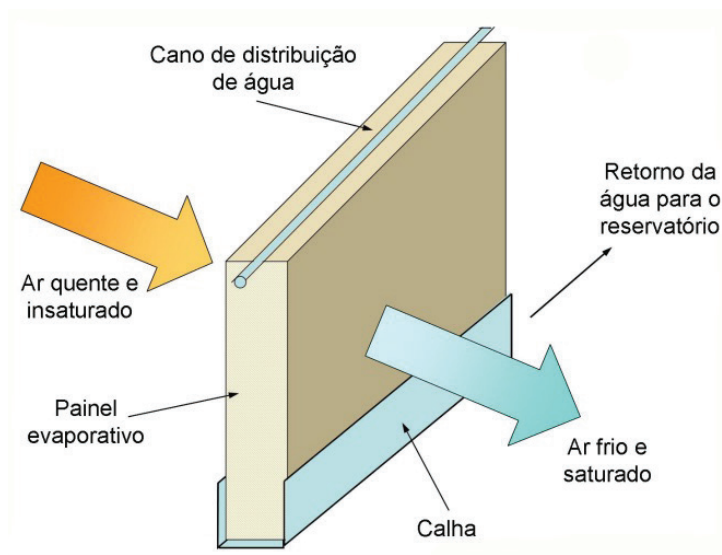



Figura 15 - Esquema ilustrando a passagem do ar aquecido em painel poroso umedecido, onde é resfriado antes de sua condução ao interior do abrigo.
Fonte: Os autores.

Os painéis evaporativos, nos sistemas mais modernos, são construídos com celulose corrugada (Figura 16), mas podem ser encontrados painéis montados com argila expandida e, mesmo, com fibras de madeira.

A movimentação do ar pode ser realizada através de sistemas de ventilação por pressão positiva, nos quais o ar arrefecido por resfriadores evaporativos adiabáticos é insuflado para dentro do ambiente protegido (Figura 17a). Os resfriadores se constituem em conjuntos compactos que encerram, em uma estrutura metálica, ventilador, reservatório d'água, sistema de abastecimento e sistema de recirculação de água, e cujo invólucro é, parcialmente, constituído por material poroso (painéis de celulose corrugada), como indicado na Figura 18.

Já nos sistemas de ventilação por pressão negativa, os abrigos são estanques, com exaustores em uma das paredes e um painel evaporativo na parede oposta, o qual se constitui na única entrada para o ar (Figura 17b). A água é distribuída de maneira uniforme, na parte superior do painel, atravessando-o em fluxo cruzado com a corrente de ar. A água que não é evaporada é recolhida em uma calha na parte inferior do painel, retornando para um reservatório, de onde é novamente bombeada para a parte superior do mesmo (Figura 19).

Os ventiladores do tipo axial (Figura 11) devem ter uma capacidade de exaustão de 8,5 a 9,5 $m^3.s^{-1}$, a 0,03 kPa de pressão estática (HANAN, 1998). Os painéis devem ser montados, preferencialmente, a barlavento (MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001) e protegidos da incidência direta da radiação, a fim de maximizar sua eficiência (BAETA; SOUZA, 1997).

Figura 16 - Painel de celulose corrugada utilizado em sistemas de resfriamento evaporativo.

Fonte: Os autores.

(A)

(B)

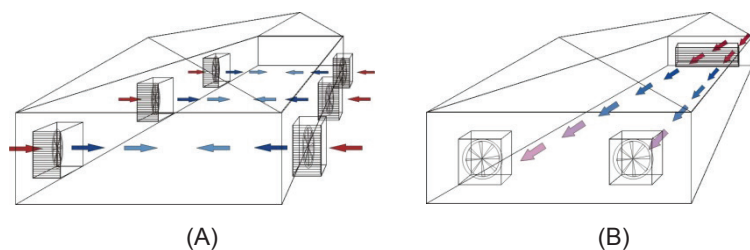



Figura 17 - Resfriamento evaporativo utilizando sistema de ventilação por pressão positiva (A) e por pressão negativa (B).

Fonte: Evans (2003).

Figura 18 - Resfriadores evaporativos adiabáticos utilizados em sistemas de ventilação por pressão positiva.

Fonte: Imagem da Munters®.

O ar resfriado, ao passar pelo painel umedecido, aquece-se durante seu trajeto até a entrada dos exaustores e, por isso, o comprimento máximo admitido para os abrigos é 60 m. Para abrigos mais compridos, a recomendação é a instalação dos painéis nas duas extremidades mais distantes e a colocação dos exaustores no centro, nas paredes laterais (BUCKLIN et al., 2004).

Embora, teoricamente, o ar possa ser resfriado até a saturação, na prática, um bom sistema de resfriamento evaporativo tem 85% de eficiência, ou seja, a redução de temperatura corresponde a 85% daquela que ocorreria com o resfriamento até a saturação (HANAN, 1998; MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001; BUCKLIN et al., 2004; WORLEY, 2005).

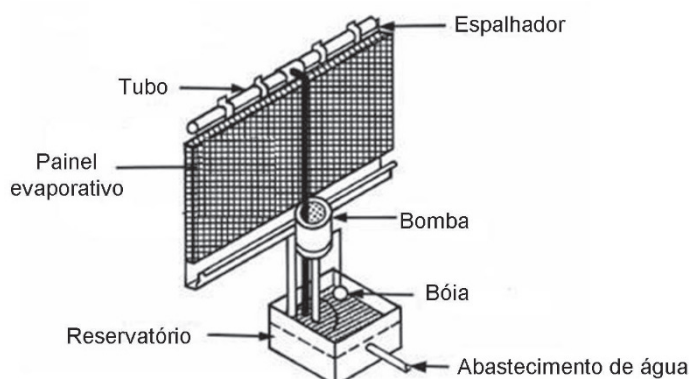



Figura 19 - Sistema típico de circulação de água pelo painel evaporativo.

Fonte: Worley (2005).

A velocidade do ar que atravessa os painéis é um fator bastante importante e o ideal é que o fluxo ocorra em regime turbulento, diminuindo ou eliminando a camada limite, de modo que haja maior contato entre o ar e o filme de água, com incremento nas taxas de evaporação (BAÊTA; SOUZA,

1997). As velocidades recomendadas para a corrente de ar que atravessa o painel evaporativo são de 1,25 e 1,75 $m.s^{-1}$, respectivamente, para painéis de celulose corrugada com 10 cm e 15 cm (4' e 6') de espessura (BAÊTA; SOUZA, 1997; MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001; WORLEY, 2005).

Nos painéis verticais, a água é aplicada na parte superior (Figuras 15 e 19) e, para que sejam corretamente umedecidos, são indicadas vazões mínimas de água, por unidade de comprimento. Quando o material do painel é celulose corrugada, as taxas indicadas são 6 e 10 L $min^{-1}.m^{-1}$, respectivamente, para espessuras de painel de 10 cm e 15 cm. Parte da água aplicada sobre os painéis não é evaporada, devendo ser recolhida para recirculação. O volume mínimo dos reservatórios, quando são usados painéis de celulose corrugada de 10 cm e 15 cm de espessura, são, pela ordem, 30 L e 40 L por m^2 de painel (BAÊTA; SOUZA, 1997; MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001; WORLEY, 2005).

Os parâmetros de projeto adotados para ventilação forçada, já tratados, são os mesmos considerados na elaboração de sistemas de resfriamento evaporativo.

Da mesma maneira que para os sistemas de nebulização, o controle é automatizado, e podem ser utilizados desde simples termostatos e umidostatos até sistemas mais sofisticados, totalmente computadorizados.

4.4 Sombreamento

A atenuação da radiação solar, como medida para reduzir a temperatura interna de abrigos para cultivo protegido, apresenta resultados bastante diversos e, em muitos casos, além de não se obter a queda de temperatura desejada, são observados prejuízos na produção dos cultivos pela redução excessiva no aporte de radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Os sistemas de sombreamento, como colocado por Mantalla Gonzalez e Montero Camacho (2001), podem ser divididos em dois grupos:

- **estático**s: são aqueles que, uma vez instalados, sombreiam o abrigo de maneira constante, sem possibilidade de graduação ou controle;

- **dinâmicos**: são aqueles que permitem o controle da radiação solar em função das necessidades climáticas do abrigo.

Entre as formas estáticas de sombreamento, encontra-se o branqueamento, que consiste na pintura da face inferior da cobertura plástica com tinta branca ou misturas com cal. Sua eficiência é dependente da homogeneidade na aplicação da pintura e da concentração de tinta ou cal empregadas na mistura.

Pinturas que usam misturas com maior concentração dos produtos responsáveis pelo branqueamento podem reduzir sensivelmente a transmitância da RFA e a disponibilidade de radiação solar pode ficar abaixo do limite trófico das culturas (MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001).

Também as malhas plásticas (polietileno, polipropileno, poliéster, entre outros materiais) podem ser usadas com o mesmo propósito. São encontradas no mercado com diferentes níveis de sombreamento e cores (Figura 20), de acordo com o fabricante.

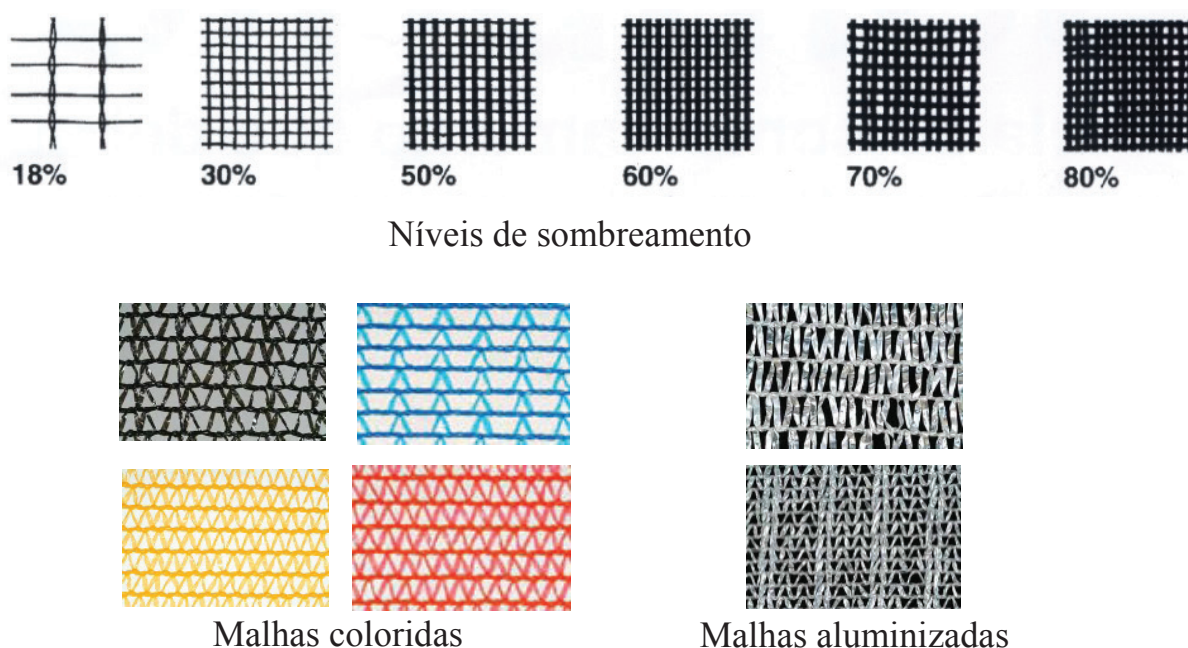



Figura 20 - Malhas plásticas encontradas no mercado.
Fonte: os autores.

Sua aplicação em sombreamento estático deve ser criteriosa. Mesmo que o uso das telas possa promover a redução da temperatura dos abrigos, a adoção de níveis excessivos de sombreamento pode ser prejudicial às culturas, principalmente em horários e épocas do ano com baixa disponibilidade natural de radiação (MILLS; SMITH; MARAIS, 1990; FARIA JUNIOR; SOUZA; HORA, 2000; SOUZA, 1999). A escolha do grau de sombreamento da malha deve ser feita de forma que, ao meio-dia local, as plantas, no interior do abrigo, recebam quantidade de radiação próxima de seu ponto de saturação luminosa (MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001).

As telas plásticas podem ser aplicadas tanto internamente, sobre os cultivos, como externamente ao abrigo (ROBLEDO DE PEDRO; MARTIN VICENTE, 1988; CASTILLA, 2005). O primeiro método não é recomendável, uma vez que as malhas absorvem energia, aumentam sua temperatura e dissipam o calor dentro do ambiente protegido, promovendo a elevação de temperatura do ar interno (ALPI; TOGNONI, 1991; MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001).

O sombreamento pode ser bastante efetivo na redução da temperatura de abrigos mal ventilados, porém apresenta pouco efeito sobre a temperatura interna do ar quando associado a outra fonte de resfriamento (MONTERO; ANTÓN, 1994; MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001).

As telas coloridas (Figura 20) têm aplicação mais indicada para manipulação do espectro de radiação que chega às plantas, com o intuito de se obterem respostas específicas dos cultivos, não se recomendando, por isso, seu uso, simplesmente, para a atenuação da radiação. Por sua vez, quando se visa à redução de temperatura, as telas aluminizadas (Figura 20), por apresentarem elevada reflexão dos raios solares, constituem-se em excelente material para o sombreamento (CASTILLA, 2005).

O uso de telas de sombreamento móveis (sombreamento dinâmico) elimina o inconveniente de sombreamento excessivo quando as condições externas já são de baixa intensidade de radiação, evitando, assim, a redução da fotossíntese (MANTALLA GONZALEZ; MONTERO CAMACHO, 2001) e prejuízos na produção. As telas podem ser recolhidas ou estendidas por diferentes aparatos mecânicos e seu acionamento pode ser manual ou automatizado.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estrutura de madeiras. Rio de Janeiro, 1997.

ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo en invernadero**. 3. ed. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1991.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.18, supl., p. 26-33, 2000.

ASSIS, S. V. Efeito da orientação da estufa de polietileno na radiação solar, em estações distintas do ano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 219-226, 2004.

______; ESCOBEDO, J. F. Albedo da cultura do pepino (*Cucumis sativus*) em estufas de polietileno, nas orientações norte-sul e leste-oeste. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 11-17, 1998.

AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **La calidad del agua en la agricultura**. Roma: FAO, 1987. (Estúdio FAO, n. 29 - riego y dernaje).

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em construções rurais**: conforto animal. Viçosa: UFV, 1997.

BLISKA JR., A.; HONÓRIO, S. L. Características óticas de materiais de cobertura de viveiros e estufas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 1994. p. 284.

BRETONES CASTILLO, F. El invernadero tipo “Almeria”. In: CURSO internacional sobre agrotecnia del cultivo en invernaderos. Almeria: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almeria (FIAPA), 1991. p. 1-21.

BRIASSOULIS, D. et al. Degradation characterization of agricultural low-density polyethylene films. **Biosystems Engineering**, Londres, v. 88, no. 2, p.131-143, 2004.

______ . Mechanical properties of covering materials for greenhouses: part 1, general overview. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 67, no. 2, p. 81-96, 1997a.

______ . Mechanical properties of covering materials for greenhouses: part 2, quality assessment. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 67, no. 3, p. 171-217, 1997b.

BUCKLIN, R. A. et al. **Fan and pad greenhouse evaporative cooling** Gainesville: University of Florida (Cooperative Extension Service), 2004. (**systems** (Circular, 1135). Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AE/AE06900.pdf>. Acesso: 10 maio 2018.

BUREK, S. A. M.; NORTON, B.; PROBERT, S. D. Transmission and forward scattering of insolation through plastic (transparent and semi-transparent) materials. **Solar Energy**, Elmsford, v. 42, no. 6, p. 457-475, 1989.

BURIOL, G. A. et al. Ganho térmico devido a estufa plástica em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, no. 1, p. 43-49, 2004.

CALIL JUNIOR, C., DIAS, A. A. Utilização da madeira em construções rurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 71-77, 1997.

CASTILLA, N. Bioproductividad de las hortalizas en cultivo protegido. In: FORO INTERNACIONAL DE CULTIVO PROTEGIDO, 1997, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP/FCA, 1997. p. 1-30.

______ . **Invernaderos de plástico: tecnología y manejo**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 2005.

COHEN, S.; FUCHS, M. Measuring and predicting radiometric properties of reflective shade nets and thermal screens. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 73, no. 3, p. 245-255, 1999.

DE BELIE, N. et al. Durability of Building materials and components in the agricultural environment: part i, the agricultural environment and timber structures. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 75, no. 3, p. 225-241, 2000.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 5-10, 1999.

DILARA, P. A.; BRIASSOULIS, D. Degradation and stabilization of low-density polyethylene films used as greenhouse covering materials. **Journal of Agricultural Engineering Research,** Londres, v. 76, no. 4, p. 309-321, 2000.

DUNCAN, G. A.; WALKER, J. N. Selection of greenhouse covering materials. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 18, no. 4, p. 703-706, 1975.

ELSNER, B. et al. Review of structural and functional characteristics of greenhouses in european union countries: part I, design requirements. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 75, no. 1, p. 1-16, 2000a.

______. Review of structural and functional characteristics of greenhouses in european union countries, part II: typical designs. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 75, no. 2, p. 111-126, 2000b.

EMBRAPA. **Produção de frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003.

EVANS, M. **Greenhouse management on-line**. Fayetteville: University of Arkansas, 2003.

FAO. **El cultivo protegido en clima mediterráneo**. Roma, 2002. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/s8630S/s8630S00.pdf>. Acesso: 10 maio 2018

FARIA JUNIOR, M. J. A. **Avaliação de diferentes arquiteturas de estufas, coberturas do solo com filme plástico, em híbridos de pimentão** (*Capsicum annum* L.). 1997. 102 f. Tese (Doutorado)-Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal,1997.

______. **Avaliação de híbridos de pepino para cultivo protegido e do microclima formado por dois modelos de estufa**. Jaboticabal: 1994. 102 f. Dissertação (Mestrado)-Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal,1994.

______. **Contribuição ao estudo de abrigos para cultivo protegido**: influência do material de cobertura sobre variáveis microclimáticas. 2001. 104p. Tese (Livre-Docência)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

______; SOUZA, R. A. R.; HORA, R. C. Cultivo de alface em ambiente protegido, sob diferentes níveis de sombreamento, em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, supl., p. 232-3, 2000.

_____ et al. Avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa*) e de dois modelos de estufa com cobertura plástica, durante o verão, em Ilha Solteira-SP. **Cultura Agrnômica**, Ilha Solteira, v. 2, p. 119-28, 1993.

FARIAS, J. R. B. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993a.

_____. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1993b.

GEOOLA, F.; KASHTI, Y.; PEIPER, U. M. A model greenhouse for testing the role of condensation, dust and dirt on the solar radiation transmissivity of greenhouse cladding materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 71, no. 4, p. 339-346, 1998.

GIACOMELLI, G. A.; ROBERTS, W. J. Greenhouse covering systems. **Hort Technology**, Alexandria, v. 3, no. 1, p. 50-58, 1993.

GODBEY, L. C.; BOND, T. E.; ZORNING, H. F. Transmission of solar and long-wavelenght energy by materials used as covers for solar collectors and greenhouses. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, no. 5, p. 1137-1144, 1979.

GOTO et al. Desafios e perspectivas da produção sustentável de hortaliças em ambientes protegidos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n.1, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/13187114-Desafios-e-perspectivas-da-producao-sustentavel-de-hortalicas-em-ambientes-protegidos.html>. Acesso em: 27 out. 2018.

_____. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.15, supl., p. 163-165, 1997.

HAMERSCHIMIDT, I. Cultivo protegido de hortaliças no Paraná. **SOB Informa**, Campos dos Goytacazes, v. 15/16, n. 1, p. 21-22, 1996/1997.

HANAN, J. J. **Greenhouses**: advanced technology for protected horticulture. Boca Raton: CRC Press, 1998.

HARDOIM, P. C. Planejamento e benfeitorias rurais. In: ENCONTRO NAIONAL DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 2., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: SBEA /CATI/ ABCP, 1996. p. 19-36.

HERTER, F. G.; REISSER JR., C. Balanço térmico em estufas plásticas, em Pelotas, RS. **Horticultura Brasileira,** Brasília, DF, v. 5, n. 1, p. 60, 1987.

KESSLER JUNIOR, J. R. **Starting a greenhouse business (ANR-691)**. [S.l.]: Alabama Cooperative Extension System, 2006. 12p. Disponível em: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0691/ANR-0691.pdf>.

KITTAS, C.; BAILLE, A. Determination of the spectral properties of several greenhouse cover materials and evaluation of specific parameters related to plant response. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 71, no. 2, p. 193-202, 1998.

_____; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 73, no. 4, p. 341-351, 1999.

______; BOULARD, T.; PAPADAKIS, G. Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side openings: sensitivity to temperature and wind effects. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 40, no. 2, p. 415-425, 1997.

KITTAS, C. et al. Paramètres significatifs du determinisme de la température de l'air de la serre. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 40, no. 3, p. 265-277, 1987.

KOZAI, T. Direct solar light transmission into single-span greenhouses. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 18, p. 327-338, 1977.

______; KIMURA, M. Direct solar light transmission into multi-span greenhouses. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 18, p. 339-349, 1977.

KUMAGAIA, P. Plasticultura na Cooperativa Agrícola de Cotia – Cooperativa Central. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, 1., 1991, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 53-55.

KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 52, no. 3-4, p. 310-331, 1990.

MANTALLANA GONZALEZ, A.; MONTERO CAMACHO, J. I. **Invernaderos**: diseño, construcción y climatización. 2. ed. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 2001.

MARINHO, J. R. D. **Macromoléculas e polímeros**. Barueri: Manole, 2005.

MARTINS, G. **Uso de casa-de-vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão**. Jaboticabal, 1992. 65 f. Dissertação (Mestrado)-Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal,1992.

MARTINS, S. R. et al. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, no. 200/201, p. 15-23, 1999.

______. Desafios da plasticultura brasileira: limites sócio-econômicos e tecnológicos frente às novas e crescentes demandas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, no. 2, p. 133-38, 1996.

MILLS, P. J. W.; SMITH, I. E.; MARAIS, G. A greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, no. 281, p. 83-94, 1990.

MONTERO, J. I.; ANTÓN, A. Greenhouse cooling during warm periods. **Acta Horticulturae**, Wageningen, no. 357, p. 49-61, 1994.

MUNARO, M. **Avaliação da degradação do polietileno, empregado em equipamentos para distribuição de energia elétrica, através da temperatura de oxidação medida por calorimetria diferencial de varredura (DSC)**. 2000. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Setor de Tecnologia)- Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

NELSON, P. V. **Greenhouse operation and management**. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.

NIJSKENS, J. et al. Radiation transfer through covering materials, solar and thermal screens of greenhouses. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 35, no. 1-4, p. 229-242, 1985.

PAPADAKIS, G.; MANOLAKOS, D.; KYRYTSIS, S. Solar radiation transmissivity of a single-span greenhouse through measurements on scale models. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 71, no.4, p. 331-338, 1998.

_____ et al. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 77, no. 1, p. 7-38, 2000.

PIETERS, J. G.; DELTOUR, J. M. Modelling solar energy input in greenhouses. **Solar Energy**, Elmsford, v. 67, no. 1-3, p. 119-130, 1999.

POLLET, I. V.; PIETERS J. G. Condensation and radiation transmittance of greenhouse cladding materials, part 1: Laboratory measuring unit and performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v. 74, no. 4, p. 369-377, 1999b.

_____. Condensation and radiation transmittance of greenhouse cladding materials, part 2: results for a complete condensation cycle. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Londres, v.75, no. 1, p. 65-72, 2000.

_____. Laboratory measurements of PAR transmitance of wet and dry greenhouse cladding materials. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 93, no. 2, p. 149-152, 1999a.

REISSER JUNIOR, C. et al. Alterações morfológicas do tomateiro em resposta à redução de radiação solar em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 7-14, 2003.

RICIERI, R. P.; ESCOBEDO, J. F. Radiação solar global e difusa em estufas túneis com cobertura de polietileno. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 15-37, 1996.

ROBLEDO DE PEDRO, F.; MARTIN VICENTE, L. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. 2. ed. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1988.

SEMEDO, C. M. B. **A intensificação da produção hortícola**. 3. ed. Mem Martins: Europan, 1988.

SERRANO CERMEÑO, Z. **Construcción de invernaderos**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1994.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura**: a fascinante arte de cultivar com plásticos. 2. ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1990.

SILVA, M. L. O. **Avaliação de parâmetros ambientais em dois modelos de estufa, sem e com presença de cultura**. 1997. 61 f. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

SKOV, O. Light transmission in greenhouses. **Acta Horticulturae**, Wageningen, no. 245, p. 86-93, 1989.

SORIANO, T. et al. A study of direct solar radiation transmission in asymmetrical multi-span greenhouses using scale models and simulation models. **Byosystem Engineering**, Londres, v. 88, no. 2, p. 243-253, 2004.

SOUSA, J. W. et al. Alterações do saldo de radiação, temperatura e umidade relativa do ar em ambiente protegido com cobertura de polietileno difusor de luz. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 219-226, 2005.

SOUZA, R. A. R. **Cultivo do pepino em solo coberto com filmes de polietileno de diferentes cores, em ambiente protegido sob diferentes níveis de sombreamento adicional**. 1999. 34 f. Trabalho

(Graduação em Agronomia)- Faculdade de Engenharia, Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1999.

SPECIALCHEM®. **Hindered amine stabilizers**. 2008. Disponível em: <http://www.specialchem4adhesives.com/tc/UV-Light-Stabilizers/index.aspx?id=hal>. Acesso em: 27 out. 2018.

STEVENS, A. B. et al. **Starting a greenhouse business**: a commercial growers guide (MF 1157). Manhattan: Kansas State University / Cooperative Extension Service, 1994.

THOMAS, P. A.; THOMAS, W. A. **Starting a greenhouse business**. Athens: University of Gerorgia / Cooperative Extension Service, 1999. (Bulletin, 1134).

WITTWER, S. H. World-wide use of plastics in horticultural production. **HortTechnology**, Alexandria, v. 3, no. 1, p. 6-19, 1993.

______; CASTILLA, N. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. **HortTechnology**, Alexandria, v. 5, no. 1, p. 6-23, 1995.

WORLEY, J. **Grenhouses**: heating, cooling and ventilation. Athens: University of Georgia Cooperative extension, 2005. (Bulletin, 792).) Disponível em: <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubs/PDF/B792.pdf>. Acesso: 15 fev. 2018.

ZABELTITZ, C. Von. Greenhouse construction in function of better climate control. **Acta Horticulturae**, Wageningen, no. 263, p. 357-374, 1990.

Pós-colheita e comercialização

Cassia Inês Lourenzi Franco Rosa, Ademir Massahiro Moribe, Lilian Yukari Yamamoto e Décio Sperandio

1 Introdução

A agricultura brasileira é um dos setores de maior importância da economia nacional, por gerar renda e empregos. As hortaliças, por sua vez, têm expressiva participação nesse setor, uma vez que, em sua produção, utiliza mão de obra de maneira intensiva e é responsável por colocar, no mercado, produtos de utilização diária na mesa do consumidor e que são fundamentais para uma alimentação saudável.

Considerando o processo produtivo, os índices de perdas são cumulativos durante toda a cadeia de comercialização, iniciando-se na colheita e estendendo-se até a mesa do consumidor. Esse fato torna necessária a utilização de técnicas e de tecnologias adequadas, com a finalidade de proporcionar período de conservação mais longo às hortaliças-fruto, com redução das perdas em qualidade, como valor comercial e nutritivo e a quantidade física disponível para consumo. Assim, o produtor possui maior flexibilização na comercialização, o que reflete em maior rendimento financeiro, além da garantia para o consumidor de obter, com regularidade, produtos de melhor qualidade.

Conservar as hortaliças em boas condições para o transporte, o armazenamento, a distribuição, a comercialização e o consumo é tão importante quanto produzir bem. Dessa forma, para a escolha da técnica pós-colheita mais adequada, é necessário conhecer a fisiologia das hortaliças-fruto, bem como a logística de toda a cadeia, no intuito de evitar o manuseio incorreto e os problemas decorrentes de transporte e de armazenamento deficientes.

Além do conhecimento fisiológico, novas tecnologias pós-colheita estão sendo estudadas visando ao prolongamento da vida útil pós-colheita das hortaliças-fruto. Dentre elas, destacam-se as embalagens com atmosfera modificada, o armazenamento em atmosfera controlada, a aplicação de revestimentos comestíveis, a rastreabilidade, além da obtenção de produtos melhorados geneticamente para aumentar a qualidade sensorial e nutricional.

2 Fisiologia pós-colheita de hortaliças

As hortaliças-fruto, assim como os demais produtos hortícolas, são produtos perecíveis. Após a colheita, sua manutenção é em função das reservas acumuladas na planta-mãe que são utilizadas como substrato no processo respiratório. Seu ciclo vital inicia na fertilização e no desenvolvimento, com aumento no número e, em seguida, no volume das células e, antes que seu desenvolvimento completo seja atingido, inicia-se a fase de maturação. Nessa fase, ocorre uma série de mudanças que tornarão o produto apto para o consumo, sendo o amadurecimento um processo complexo, geneticamente controlado e irreversível, culminando com uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, estruturais e sensoriais nas hortaliças-fruto.

Em relação à coloração, há degradação do pigmento clorofila e aparecimento e síntese de pigmentos responsáveis pelas cores amarela, vermelha e roxa, como carotenoides e antocianinas, que influenciam a aparência do produto. A textura também se altera conforme o amadurecimento, devido à perda de turgescência, à solubilização da pectina e à ação de enzimas como a poligalacturonase e a pectinametilesterase, causando o amaciamento dos tecidos. Quanto ao flavor (sabor e odor), o aumento na síntese de compostos voláteis é responsável pelo odor característico nas hortaliças-fruto e o sabor é resultante, em sua maioria, do aumento de sólidos solúveis e redução dos ácidos orgânicos, além da ação de compostos fenólicos. Caso não seja consumido na fase de amadurecimento, o produto inicia a fase de senescência, na qual há predominância dos processos catabólicos, com consequente perda do produto.

O conhecimento das etapas do ciclo vital das hortaliças-fruto é importante para a determinação do ponto ideal de colheita e para a aplicação de tecnologias que possam retardar ou reduzir a atividade fisiológica e aumentar seu período de conservação. Dentro do ciclo vital, a fase de amadurecimento é determinante para a conservação pós-colheita, sendo regulada por fitormônios, cujos níveis e sensibilidade de um tecido ou célula são função do estádio de desenvolvimento e de inúmeros fatores ambientais. É importante ressaltar que essas fases, apesar de distintas, estão interligadas, ou seja, não há término completo de uma fase para que a outra tenha início.

Além dessas modificações, fisiologicamente pode ocorrer o aumento na taxa respiratória e na produção de etileno durante a fase de maturação. A respiração é um processo de degradação de compostos orgânicos complexos, o qual visa à liberação de energia química, necessária para a realização de atividades biológicas como o crescimento, a absorção de nutrientes e o transporte de fotoassimilados. Na pós-colheita, a respiração é o processo central, pois torna-se o principal processo fisiológico, uma vez que não depende mais da absorção de água e de minerais efetuados pelas raízes, da condução de nutrientes pelo sistema vascular, nem da atividade fotossintetizante das folhas da planta-mãe. Assim, as partes do vegetal adquirem vida independente e utilizam, para tal, suas próprias reservas metabólicas acumuladas nas fases de crescimento e de maturação. A energia química liberada pela respiração é captada para dar continuidade aos processos de síntese como organização celular, permeabilidade das membranas e transporte de metabólitos para os tecidos, necessários à sobrevivência pós-colheita.

A taxa de respiratória de hortaliças é muito variada, conforme seus órgãos, como as raízes, os tubérculos e os bulbos tem baixa atividade respiratória. Por outro lado, as partes da planta com tecidos meristemáticos, tais como aspargos e brócolis, têm taxa respiratória mais elevada. Já os frutos considerados como hortaliças, que são colhidos imaturos, tais como quiabo e abobrinha, têm respiração mais intensa que os colhidos maturos, como o tomate e a melancia.

Por serem classificadas comercialmente como hortaliças, mas botanicamente serem frutos, as hortaliças-fruto podem ser divididas em climatéricas e não climatéricas, o que está relacionado com seu padrão de atividade respiratória e produção de etileno. Os frutos climatéricos são aqueles que, na fase de maturação, apresentam um aumento rápido e acentuado na taxa respiratória, com amadurecimento imediato, tanto ligado à planta quanto fora dela, o que propicia que completem seu amadurecimento mesmo depois de colhidas. Já os não climatéricos têm respiração baixa e constante, com ligeiro declínio após a colheita e, portanto, não são capazes de completar o amadurecimento após colhidos. Hortaliças-fruto climatéricas, como tomate e melão, apresentam pico de produção de etileno e pico de respiração, com consequente amadurecimento, podendo ser colhidas maturas (fisiologicamente desenvolvidas). Por outro lado, morango e melancia são não climatéricos, devendo ser colhidas no estádio ótimo para consumo, uma vez que não completam o amadurecimento após a colheita.

Algumas hortaliças-fruto são comercializadas ainda imaturas, por terem características mais desejáveis para os consumidores, incluindo menor fibrosidade, como o quiabo, o pepino e o jiló. No caso do jiló, por exemplo, frutos maduros, com coloração vermelha e sementes duras, não são bem aceitos pelo consumidor, não sendo recomendado seu amadurecimento.

Além da respiração, muitas das alterações que ocorrem nas hortaliças-fruto durante a maturação são desencadeadas pelo etileno (C_2H_4), fitormônio produzido por quase todas as células de plantas superiores, que regula a maturação de frutos climatéricos, sendo um gás que se difunde a partir das células e dos tecidos dos frutos, podendo, assim, afetar outros frutos ao redor. O etileno desempenha um importante papel na regulação de diversos processos fisiológicos, além do amadurecimento, como a senescência foliar, a abscisão de órgãos, entre outros, e sua ocorrência está relacionada também à resposta da planta/fruto a diversos fatores de estresse, como os causados por patógenos, por danos mecânicos, entre outros.

A biossíntese do etileno, em plantas, é regulada pela atividade de duas enzimas específicas, a ACC sintase e a ACC oxidase. Em resumo, o etileno é formado a partir do aminoácido metionina via SAM (S-adenosil L-metionina), que é convertido à ACC (ácido 1-aminoacilciclopropano 1-carboxílico) e este é, posteriormente, oxidado a etileno. A conversão do SAM para ACC é catalisada pela enzima ACC sintase e a oxidação do ACC para etileno é dependente da ação da enzima ACC oxidase (Figura 1). Em determinado estádio da maturação, o etileno se liga ao seu receptor na célula e desencadeia uma série de eventos que culminam com o amadurecimento e a senescência do fruto.

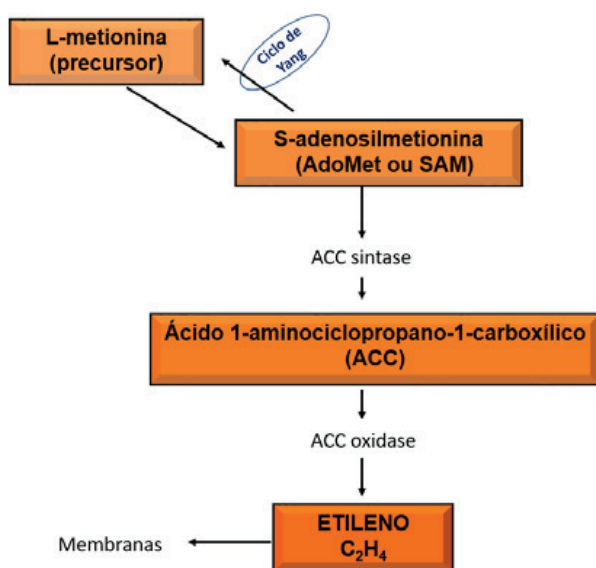



Figura 1 - Via biossintética do etileno.
Fonte: Adaptado de Chitarra e Chitarra (2005).

O etileno, por estar relacionado diretamente ao processo de maturação das hortaliças-fruto, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como coloração, aroma, sabor e textura, comercialmente pode ser utilizado como meio de acelerar, controlar e uniformizar o amadurecimento de diferentes órgãos de várias espécies vegetais. O etileno pode ser aplicado de maneira exógena e seu principal uso na agricultura é a promoção do amadurecimento em frutos climatéricos, que são colhidos maturos para melhor transporte e armazenamento até o momento da comercialização, como ocorre, por exemplo, para o tomate de mesa.

O acúmulo de etileno no interior do produto ou no ambiente promove o aumento da respiração, estimula diversos processos metabólicos e, consequentemente, reduz a vida útil da hortaliça. Por esse fato, também há meios comerciais de reduzir esse fitormônio, com a utilização de inibidores de sua síntese, inibidores da ação e/ou absorvedores de etileno.

Hortaliças-fruto como a melancia produzem baixas taxas de etileno, entretanto são bastante sensíveis ao etileno exógeno. Já os pimentões também produzem níveis muito baixos de etileno, de 0,1 $\mu L\ kg^{-1}h^{-1}$ a 0,2 $\mu L\ kg^{-1}h^{-1}$ à temperatura de 10°C a 12°C, porém poucos são sensíveis à aplicação de etileno (Tabela 1). Há diversos fatores que influenciam a taxa respiratória e a produção de etileno;

dentre os fatores intrínsecos, podem ser citados o tipo e a parte do vegetal, o estádio de maturação à colheita, a relação de área superficial:volume, coberturas protetoras da epiderme, entre outros. Quanto aos fatores extrínsecos, os de maior influência são temperatura e concentração de gases (O_2, CO_2 e C_2H_4), além dos danos mecânicos ocasionados aos vegetais. Com relação às etapas pós-colheita das hortaliças-fruto, manuseio, transporte e armazenamento, deve-se ter o cuidado de evitar os danos mecânicos, uma vez que a injúria causada no vegetal irá acelerar a produção de etileno e a taxa respiratória.

O mesmo ocorre em situações de elevada temperatura; por isso, devem-se manter temperaturas adequadas de refrigeração logo após a retirada do campo, até o consumidor final.

Tabela 1 - Taxa respiratória (mg kg^{-1} h^{-1}) e produção de etileno (μL kg^{-1} h^{-1}) de algumas hortaliças-fruto

Hortaliça-fruto	Taxa respiratória (mg kg^{-1} h^{-1})	Produção de etileno (μL kg^{-1} h^{-1})
Abóbora	153 - 175	0,1 - 1,0
Berinjela	60-78	0,1-0,7
Ervilha	221 - 324	<0,1
Feijão-vagem	130	<0,05
Melancia	17-25	0,1 - 1,0
Melão honeydew	30-33	Muito baixa
Melão rendilhado	45-65	10-100
Morango	100-200	<0,1
Pepino	31	0,6
Pimenta	32-36	0,2
Pimentão	34	0,1 a 0,2
Quiabo	248-274	0,5
Tomate	35	1,03-10,0

Fonte: Adaptado de USDA (2016).

3 Perdas pós-colheita

O correto manuseio durante e após a colheita é importante para garantir a qualidade sensorial, nutricional e microbiológica dos alimentos, assim como para reduzir as perdas, que diminuem a disponibilidade e aumentam o preço dos alimentos.

O índice de perdas pós-colheita nas hortaliças-fruto é extremamente elevado, o que resulta em graves consequências econômicas e sociais. A redução da quantidade ofertada causa variação no comportamento do mercado e induz mudanças em importantes parâmetros econômicos, pois,

quanto menor a oferta de produto, a tendência é que maior seja o seu preço. Além disso, as perdas têm impacto sobre o meio ambiente, em especial pelo uso de recursos naturais para produzir alimentos que são descartados.

O manejo pós-colheita engloba operações na colheita, na embalagem, no armazenamento e no transporte em várias etapas do campo até a comercialização e o consumo. Os locais de destino podem ser a curtas, médias e longas distâncias e o objetivo a ser alcançado nessas operações pós-colheita é a preservação da qualidade da hortaliça em sua condição original no momento da colheita, o que raramente pode ser alcançado na realidade. A consequência final para a falta de cuidados pós-colheita é a perda ou o desperdício dos produtos vegetais. A extensão das perdas pós-colheita de hortaliças pode chegar a mais de 50%, sendo que, nos países em desenvolvimento, como o Brasil, as principais perdas são durante o manuseio, o transporte, a distribuição pós-colheita e a não utilização da 'cadeia do frio'.

As perdas podem ser quantitativas, representadas por reduções na quantidade física disponível para consumo, e/ou qualitativas, por diminuição na qualidade, minimizando o valor comercial ou nutritivo do produto. Os índices de perdas são cumulativos durante toda a cadeia de comercialização, iniciando-se na colheita e estendendo-se até a mesa do consumidor.

Para hortaliças-fruto como morango, tomate, pepino, pimentão, abobrinha e feijão-vagem, os principais fatores de perda estão relacionados às falhas nas operações de pré-colheita (como época de plantio, adubação e tratamento fitossanitário inadequados), à colheita fora de época, aos danos mecânicos, ao manuseio, à embalagem e ao transporte incorretos, à escassez de infraestrutura para armazenamento refrigerado e ausência da 'cadeia do frio', ao tempo de exposição prolongado no varejo, aos preços desfavoráveis ao produtor e aos hábitos inadequados de seleção do consumidor.

Apesar de serem classificadas como perdas pós-colheita, é importante enfatizar que muitos danos estão relacionados a fatores de pré-colheita, ou seja, aspectos climáticos e tratos culturais que ocorrem ainda no campo e que terão influência na etapa de pós-colheita.

Os fatores climáticos são de difícil controle e a resposta às condições adversas podem ser visíveis ainda no campo; mas, muitas vezes, só serão percebidas após a colheita. Dentre eles, destacam-se temperatura, umidade relativa, luminosidade e condições adversas, como excesso ou falta de chuva, geadas e chuvas de granizo. Fatores climáticos, em especial a temperatura e a intensidade luminosa, têm influência na qualidade visual, sensorial e até mesmo nutricional das hortaliças.

A localização da produção e a época em que as plantas são cultivadas podem determinar os teores de ácido ascórbico, riboflavina, tiamina e flavonoides. Em geral, quanto menor a intensidade da luz, menor o teor de ácido ascórbico dos tecidos vegetais e menor também seu teor de sólidos solúveis. Em algumas cucurbitáceas, como melão e melancia, é comum o defeito conhecido como 'barriga branca', em que a parte do vegetal em contato com o solo não sintetiza pigmentos, sendo considerado um defeito pós-colheita (Figura 2).

A temperatura influencia a absorção e o metabolismo de nutrientes minerais pelas plantas, uma vez que as taxas de transpiração aumentam com a elevação da temperatura. A precipitação afeta o suprimento de água para a planta, o que pode influenciar a composição da parte da planta colhida e sua suscetibilidade a danos mecânicos e deterioração durante as operações subsequentes de colheita e manuseio.

Figura 2 - 'Barriga-branca' em melancia (A) e em melão (B).
Fonte: Os autores.

Fatores de pré-colheita e práticas culturais como o tipo de solo, o porta-enxerto, a cobertura do solo, a irrigação e a adubação influenciam o suprimento de água e de nutrientes para a planta, o que pode afetar a qualidade da parte da planta colhida. Os efeitos da absorção mineral pelas plantas são significativos e variáveis. Por exemplo, no caso do cálcio, já foi demonstrado que a alta absorção nos frutos reduz as taxas de respiração e a produção de etileno, retardando o amadurecimento, aumentando a firmeza e reduzindo a incidência de desordens fisiológicas e doenças que resultam em maior vida útil pós-colheita. Numerosos distúrbios fisiológicos estão associados a deficiências minerais, como podridão de tomates, pimentas e melancias, por exemplo. Excesso de sódio e/ou de cloreto (devido à salinidade) resulta em redução do tamanho dos frutos e maior teor de sólidos solúveis.

O estresse hídrico moderado reduz o tamanho dos frutos e aumenta o teor de sólidos solúveis, a acidez e o teor de ácido ascórbico. Por outro lado, o excesso de fornecimento de água às plantas resulta em rachaduras de hortaliças-fruto como tomate, além da turgescência excessiva, levando à maior suscetibilidade a danos físicos, firmeza reduzida, maturação retardada e reduzido teor de sólidos solúveis.

Práticas culturais como o desbaste determinam a carga da cultura e o tamanho das hortaliças-fruto. O uso de agrotóxicos e de reguladores de crescimento não influencia diretamente a composição, mas pode indiretamente afetar o vegetal, devido à maturação tardia ou acelerada de seus frutos. O controle efetivo de doenças pré-colheita influencia a incidência e a severidade da doença durante o manejo pós-colheita.

No caso de hortaliças como melancia, abóboras e morangas, a manutenção do pedúnculo, com 2 cm a 5 cm preso ao fruto, aumenta a probabilidade de proteção contra a deterioração.

De maneira geral, a colheita de abóboras e de morangas é realizada uma única vez, quando os frutos estão bem maduros. Há risco de insolação se os frutos permanecerem na lavoura após a colheita; por isso, a medida que se diminui o tempo entre a colheita e o consumo desses produtos, muitos problemas são evitados. Também a vida útil do pimentão pode ser reduzida se este ficar exposto ao sol, mesmo em períodos insuficientes para causar queimaduras, porque isso acelera a perda de água e o amadurecimento e aumenta a suscetibilidade a doenças. A exposição ao sol pelo período de uma hora pode aumentar a temperatura da hortaliça-fruto em até 10°C em relação a frutos deixados na sombra e, em exposição de duas horas ao sol, reduz-se pela metade a sua vida útil

pós-colheita. Assim, são necessárias medidas de pré-resfriamento e de refrigeração, o que aumenta os custos.

As operações pós-colheita contribuem de forma decisiva para a vida útil das hortaliças, visto que suas estruturas podem sofrer mudanças metabólicas após a colheita, sendo responsáveis por comprometer a aparência, o aroma e o sabor, resultando em desvalorização comercial dos produtos.

Os processos de deterioração em hortaliças são, de maneira geral, classificados como os resultantes dos processos fisiológicos, das doenças pós-colheita e dos efeitos físicos de manuseio. Em muitos casos, as perdas podem ocorrer simultaneamente, sendo difícil separar as causas das consequências.

As deteriorações resultantes da fisiologia do produto podem ser causadas pelos seguintes fatores: atividades normais da respiração; transpiração; amadurecimento; fisiologia anormal dos vegetais. Entre as anormalidades fisiológicas, as doenças não parasíticas e o dano causado pelo frio (*chilling injury*) são as mais importantes após a colheita.

A respiração é inversamente relacionada à vida útil pós-colheita. É considerada uma causa normal de perda, pois é um processo fisiológico da planta, assim como o amadurecimento e a transpiração e, portanto, não podem ser evitados. Entretanto, é possível retardar seus efeitos, com a manutenção da temperatura adequada de refrigeração (visando reduzir as taxas respiratórias e retardar o amadurecimento) e da umidade em taxas elevadas para reduzir a perda de massa das hortaliças-fruto. Produtos como a melancia, apesar de terem reduzida taxa de produção de etileno, são sensíveis ao etileno exógeno, que pode provocar desintegração da polpa quando há exposição a esse fitormônio.

Com relação aos distúrbios fisiológicos, o *chilling* é o mais representativo e ocorre em situações nas quais a temperatura está abaixo da requerida pelo produto, o que resulta em escurecimento da epiderme e/ou polpa, tornando o produto imprestável para consumo, dependendo da intensidade do dano. Para hortaliças-fruto como tomate, quiabo, melancia e melão, por exemplo, em temperaturas abaixo de 10°C, dependendo da cultivar e do tempo de exposição, já pode haver problemas decorrentes de dano por frio.

As doenças de pós-colheita podem causar desde lesões superficiais, que afetam a aparência, o que reduz o valor comercial das hortaliças, até a deterioração completa, que leva ao descarte do produto. Algumas operações de pós-colheita podem favorecer a contaminação por patógenos e provocar danos mecânicos na epiderme, tornando a hortaliça-fruto muito suscetível às patologias pós-colheita. Sistemas de cultivo de cucurbitáceas, por exemplo, no qual os frutos ficam em contato direto com o solo durante a maior parte do seu desenvolvimento e que, durante a operação de colheita, as hortaliças-fruto são dispostas em grandes montes no campo antes de serem transportadas para as casas de embalagem, podem favorecer a contaminação. Em muitos casos, os sintomas das doenças irão aparecer somente durante a etapa de armazenamento, o que causa perdas econômicas ainda mais significativas do que as perdas que ocorrem no campo, devido aos custos adicionais com a colheita, o transporte e o armazenamento.

Os principais patógenos relacionados às doenças de pós-colheita em hortaliças variam de acordo com a parte da planta colhida de interesse comercial. Para hortaliças-fruto, podem ocorrer fungos da parte aérea como *Colletotrichum* e *Alternaria*, por exemplo. Outro problema pode ser a podridão mole (*Pectobacterium* sp.) e a podridão de rizopus (*Rhizopus stolonifer*), em ambos os casos, a infecção ocorre por ferimentos causados por manuseio inadequado ou por meio da superfície cortada do pedúnculo.

As perdas pós-colheita são causadas também por danos mecânicos, como manuseio, transporte e armazenamento inadequados, além de grande tempo de exposição no varejo (Figura 3). A injúria mecânica pode ser causada por impacto, compressão ou abrasão. O impacto constitui-se na queda do produto contra superfícies duras, muito comum em operações de embalagem, carregamento e descarregamento do produto. A compressão é o amassamento do produto, comum em operações de embalagem na qual a quantidade de produto excede a quantidade máxima recomendada. Já os

danos por abrasão ou por vibração são danos mais restritos à epiderme, decorrentes de embalagem e de transporte inadequados, nos quais o produto se movimenta em excesso durante o transporte, o que provoca 'esfoladuras' em sua epiderme.

Em hortaliças-fruto como a melancia, os danos mecânicos provocam pisaduras internas no produto. O pimentão é muito sensível a danos por impacto, por isso, os veículos usados para transportá-los devem apresentar os menores níveis possíveis de impactos e de vibrações. Berinjelas são frutos macios, pouco sensíveis a batidas, porém suscetíveis ao empilhamento excessivo, devido possuírem quase 50% de seu volume preenchido por ar entre as células.

O dano mecânico, mesmo que superficial, irá aumentar a taxa respiratória e a produção de etileno, acelerando a senescência do produto, e pode, ainda, ser uma via de entrada de microrganismos que vão deteriorar a hortaliça-fruto; portanto, os fatores de perda podem estar inter-relacionados.

Para abóboras e morangas, a principal causa de perdas pós-colheita são os ferimentos e os amassamentos, por serem porta de entrada para a contaminação por microrganismos que, no caso desses produtos, não têm capacidade de penetração ativa, mas colonizam rapidamente o conteúdo interno dessas hortaliças-fruto quando encontram as aberturas causadas por danos mecânicos provenientes do descuido no manuseio.

Figura 3 - Danos mecânicos em hortaliças-fruto, com depreciação da aparência. Abobrinha (A); berinjela (B); moranga (C); melão (D); jiló (E).

Fonte: Os autores.

O desconhecimento da fisiologia dos frutos, a falta de infraestrutura e de uma logística de distribuição são os principais responsáveis pelo alto índice de perdas pós-colheita no Brasil e, se práticas corretas fossem adotadas, as perdas certamente ocorreriam em uma escala muito menor.

A conscientização sobre práticas simples de melhorias na manipulação dos produtos hortícolas na colheita e nas etapas pós-colheita poderia reduzir as perdas e melhorar a quantidade e a qualidade dos alimentos disponíveis para os consumidores. A adoção de boas práticas agrícolas é de fácil implementação e fundamental para a redução das perdas e o aumento da qualidade. Em relação à colheita, dentro do possível, deve ser realizada nas horas mais frescas do dia para evitar metabolismo muito acelerado do produto e ter muito cuidado no manuseio para evitar danos, principalmente em produtos muito sensíveis, como morango.

A higiene no campo também é fundamental; devem ser utilizadas embalagens adequadas, limpas, sanitizadas, empilhadas de forma a não estar em contato com o solo; os utensílios auxiliares da colheita também devem ser limpos e sanitizados com produtos adequados. Com relação às etapas de pós-colheita, é importante evitar temperaturas elevadas, danos mecânicos, contato dos produtos com água contaminada nos processos de lavagem, acesso de animais aos galpões, ambientes sujos, com lixo ou refugo de hortaliças, pois pode haver propagação de microrganismos e atrair insetos.

Além das práticas simples, é extremamente importante o uso da refrigeração no processo, como será discutido mais adiante. De forma complementar, outras tecnologias têm sido empregadas para o prolongamento da vida útil pós-colheita, a saber: o controle de etileno, seja para reduzir sua síntese, ação ou absorção desse fitormônio em embalagens e locais de armazenamento; uso de embalagens com atmosfera modificada e/ou armazenamento em atmosfera controlada; produtos para controle de doenças e de insetos em pós-colheita; aplicação de revestimentos sobre a superfície dos vegetais, entre outros.

Assim, um manuseio pós-colheita adequado, associado às técnicas de conservação devem ser empregados com a finalidade de prolongar a vida útil de frutas e de hortaliças, aumentando o período de comercialização. É imprescindível que se conheçam os fatores biológicos e ambientais que provocam a deterioração pós-colheita das hortaliças-fruto, e ressalta-se que conservar significa manter a qualidade de um produto, pelo menos durante um período de tempo.

4 Manuseio

Os sistemas para colher e comercializar as hortaliças-fruto variam com a espécie, o produtor, a região produtora, bem como o sistema de comercialização. Todos esses fatores incluem várias etapas de colheita, beneficiamento, classificação, embalagem, armazenamento, transporte etc. O sistema de manejo deve ser escolhido de forma que maximize a vida útil dos produtos.

No campo, as operações de colheita e do manuseio devem ser cuidadosas, para evitar danos mecânicos resultantes da queda do produto nas caixas e/ou nos sacos de colheita, transferência do produto das caixas de campo para os contêineres e super enchimento destes últimos. Cada pequena queda ou impacto é cumulativo e contribui para a redução da qualidade final da hortaliça-fruto; por isso, além da manipulação mais cuidadosa, é de extrema importância que seja reduzida a frequência com que o produto é manuseado.

A colheita das hortaliças-fruto, de forma geral, é realizada manualmente, possibilitando a pré-seleção no campo, o que permite a seleção mais acurada dos frutos que atingiram o ponto de colheita, evitando os frutos malformados, danificados ou que apresentem algum defeito. Além disso, é possível minimizar os danos causados pelo manuseio inadequado, treinando e capacitando os funcionários.

A colheita manual possibilita que o corte para separar os frutos da planta-mãe seja realizado deixando-se parte do pedúnculo aderido à hortaliça-fruto, o que reduz a incidência de patógenos durante o armazenamento. Tal procedimento, muito utilizado para abóboras e morangas, deve ter o cuidado de utilizar sempre uma faca afiada e higienizada com solução de hipoclorito.

A colheita mecanizada pode ser utilizada para as hortaliças-fruto destinadas ao processamento, como é o caso do tomate e do morango. O uso desse sistema possibilita a retirada rápida dos produtos do campo e a redução da mão de obra, cada vez mais escassa. Por outro lado, a mecanização da colheita não permite a seleção do material colhido, além de causar danos mecânicos aos frutos.

As hortaliças-fruto destinadas ao consumo *in natura*, após a colheita, são submetidas a diferentes tipos de manuseio em operações prévias, para conferir-lhes melhor aparência, conservação e, consequentemente, maior valor de comercialização. A maioria das hortaliças são pré-resfriadas para a retirada do calor do campo. São lavadas para atender à demanda por produtos limpos, o que lhes confere melhor aparência e, em seguida, são secas para remover o excesso de água da superfície. Alguns produtos podem ser submetidos à aplicação de cera, visando repor a camada de cera natural, parcialmente removida pela lavagem. Podem ser utilizados também filmes e revestimentos comestíveis, que retardam a respiração e promovem uma proteção necessária contra microrganismos, bem como melhoram a aparência dos produtos, especialmente em relação ao aumento de brilho da epiderme.

A preparação dos frutos colhidos pode ser realizada no campo, em barracões, em galpões ou, até mesmo, no mercado de destino. Para produtos mais sensíveis, deve-se reduzir o manuseio, realizando-se operações de seleção, pesagem, embalagem e paletização no campo, devendo-se, inclusive, realizar o pré-resfriamento imediato ou o mais rápido possível para evitar a perda d'água e de nutrientes. A embalagem no campo suprime etapas de manuseio, reduz o tempo entre a colheita e o resfriamento e elimina a necessidade do galpão de embalagem. Produtos como o morango são colhidos, acondicionados em pequenas embalagens, as quais, após o enchimento, são dispostas em uma embalagem principal. No caso das melancias, após a colheita, devem ser transportadas imediatamente para um local à sombra, seco e ventilado. Nessas condições, ficam armazenadas por duas a três semanas, dependendo dos cuidados tomados na colheita, da temperatura e da umidade.

5 Beneficiamento na casa de embalagem (*packing house*)

Após a colheita, os frutos passam pelo processo de beneficiamento e de classificação que, de forma geral, ocorrem em casa de embalagem. Esses procedimentos envolvem várias etapas que viabilizam a chegada dos produtos até o consumidor final. Dependendo da sua natureza (hortaliças-fruto, raízes, tubérculos ou folhosas), os procedimentos são realizados de maneiras distintas a depender do volume de produção, do estádio de maturação e do destino do produto.

O processo de preparo dos frutos para a comercialização inclui operações de remoção de materiais impróprios para a comercialização, seleção por maturidade e/ou tamanho, classificação e embalagem. Essas etapas eliminam elementos indesejáveis e promovem a aparência do produto, garantindo que esse atenda os padrões estabelecidos, agregando-lhe valor, o que, em última análise, beneficia a todos envolvidos.

O beneficiamento em pequenos e médios produtores é mais modesto, muitas vezes, predominando o sistema manual ou o uso de equipamentos de pequeno porte. No entanto, pode ser verificada a modernização das casas de embalagem, com a introdução de máquinas mais modernas, que permitem maior rapidez durante todas as etapas que ocorrem nesse estabelecimento.

Uma das etapas refere-se à seleção e baseia-se nos critérios de qualidade estabelecidos pelos mercados, eliminando os frutos malformados ou com peso que não atende as especificações do mercado, devendo assegurar sua qualidade após a embalagem, para que a comercialização seja adequada (Figura 4).

Figura 4 - Frutos malformados. Abobrinha (A); quiabo (B); pepino (C).
Fonte: Os autores.

As operações de seleção podem ser realizadas manualmente ou mecanicamente e, neste último caso, podem ser utilizados os medidores de tamanho (peneiras, esteiras, flutuação em salmoura etc.) ou os equipamentos com sensores especiais.

O processo de seleção dos frutos pode ser realizado várias vezes, para assegurar a qualidade final do produto, a começar na área de colheita, retirando materiais com defeitos severos, injúrias ou doenças, reduzindo o tempo e o capital gasto no manuseio de materiais que não poderão ser comercializados.

Na casa de embalagem, a seleção inicial é complementada, eliminando-se frutos malformados, sobre maduros, murchos, amassados, aqueles com tamanho fora do padrão comercial ou que apresentem defeitos graves, como podridão, manchas, danos por insetos, ferimentos, cortes, queimadura por sol ou excesso de cicatrizes. Para muitos produtos, a seleção ainda é realizada de forma manual, principalmente, no início da linha, para a eliminação de problemas mais grosseiros ou facilmente diagnosticáveis visualmente. Nesse caso, devem-se observar os cuidados ergonômicos e as condições de trabalho adequadas para o operador (iluminação, comprimento de bancada etc.).

A casa de embalagem pode contar ainda com a linha mecanizada, a qual é composta de cilindros rolantes com espaços iguais entre eles, através dos quais as unidades do produto abaixo das especificações caem e são transportados para processamento ou descarte. Em alguns casos,

também se realiza a seleção manual não só pelo tamanho, mas observando unidades doentes ou defeituosas.

A seleção final do produto pode ser realizada manualmente ou mecanicamente. Na seleção manual, faz-se a separação por cor, tamanho e categoria do produto. Produtos com menor tamanho exigem maior número de operadores. A velocidade da esteira rolante deve ser ajustada às necessidades, de acordo com as diferenças na qualidade do produto, e os operadores devem receber instruções e especificações claras e detalhadas sobre as suas responsabilidades quanto à seleção a ser realizada.

Na seleção mecanizada, diferentes tipos de equipamentos podem ser utilizados e, usualmente, separam os frutos pela cor, pelo peso e pelas dimensões. Podem ser acoplados a sistemas informatizados, com emissão de imagens utilizadas nas análises e cálculos dos resultados. O produto deve ser selecionado com precisão para atingir os requisitos de uniformidade, comercialização ou aspectos legais de classificação e de segurança de uso.

Hortaliças são reconhecidamente benéficas à saúde humana, sendo fonte de vitaminas, minerais, compostos antioxidantes, entre outros; entretanto podem ser potenciais veiculadores de microrganismos associados a toxinfecções alimentares e, consequentemente, a doenças transmitidas por alimentos, o que pode ocorrer devido à contaminação no campo, após a colheita, no transporte, na distribuição e no armazenamento.

Dessa forma, a qualidade e a segurança das hortaliças-fruto começam antes mesmo da colheita, sendo os cuidados no campo fundamentais para minimizar as contaminações microbiológicas que estão relacionadas, em sua maioria, ao uso inadequado de esterco não curtido na adubação, à água de irrigação contaminada, às mãos do manipulador não adequadamente lavadas e limpas, além do contato direto da hortaliça com o solo, como é o caso, por exemplo, da melancia, do melão, das abóboras, entre outras.

A higienização inclui as etapas de lavagem e de sanitização e tem a finalidade de reduzir e/ou remover os contaminantes dos alimentos. Também podem ser incluídos, nesse processo, as etapas de limpeza, para a retirada grosseira dos resíduos em contato com a superfície, e o enxágue, com a finalidade de remoção dos resquícios da solução sanitizante. A lavagem tem o objetivo de remover resíduos orgânicos e/ou minerais, como solo aderido ou poeira, por exemplo. Essa lavagem pode ser realizada por imersão, agitação ou aspersão; a escolha dependerá das características do produto, ou seja, sua fragilidade a danos mecânicos. Nas propriedades rurais, o mais comum é o uso da imersão em tanques ou caixas d'água, tanto para lavagem quanto para a sanitização. Após a retirada das sujidades mais grosseiras, realizada com a lavagem, deve-se proceder à sanitização. Essa operação tem a finalidade de reduzir a carga microbiológica superficial das hortaliças; para isso, são utilizados, principalmente, produtos à base de cloro. Para a sanitização, o ideal é que a concentração de cloro seja próxima à 150-200 ppm (partes por milhão) durante um período aproximado de quinze minutos, para uma boa eficiência do processo. Os produtos à base de cloro são os mais utilizados, principalmente o hipoclorito de sódio, devido ao baixo custo e também à facilidade de aquisição. Podem ser citados ainda o dióxido de cloro, o hipoclorito de cálcio e o dicloroisocianurato de sódio. Além dos produtos à base de cloro, podem ser utilizados como sanitizantes para produtos hortícolas o ácido peracético, compostos quaternários de amônio, além de outras alternativas para sanitização, como radiação, gás cloro, ozônio e luz ultravioleta.

6 Classificação

A classificação das hortaliças-fruto tem como finalidade dar transparência e confiabilidade nas operações de compra e venda. Esse sistema tem como orientação, principalmente, as preferências dos consumidores, o que vai diferenciar os preços entre as diferentes classes. Sendo assim, o objetivo principal nessa etapa é formar lotes homogêneos, facilitando e agilizando a comercialização, tanto

para o vendedor quanto para o comprador, bem como o estabelecimento de preços, tornando a comercialização de hortaliças mais organizada e eficiente.

Os padrões de qualidade estabelecidos permitem que o comprador, o vendedor e o consumidor tenham garantias legais das especificações da qualidade do produto comercializado, uma vez que devem ser descritas as características exatas do produto que está dentro da embalagem. Essas especificações são referentes ao grau de maturação, cor, forma, tamanho, peso, condições de higiene, ausência de contaminantes, doenças ou danos. Embora a segurança, a apresentação do produto e o sabor favoreçam a manutenção das vendas, um dos principais atrativos para o consumidor continua sendo a aparência.

Os produtos agrícolas são caracterizados por uma série de atributos quantitativos (tamanho e peso) e/ou qualitativos (forma, turgidez, cor, grau de maturação, sinais de injúrias, presença de resíduo etc.), os quais são adotados como medidas limites para estabelecer os padrões. De forma geral, os frutos pertencentes a uma mesma cultivar apresentam características em comum, porém variações podem ser observadas, principalmente em função das condições edafoclimáticas e dos tratos culturais adotados, necessitando de padronização.

Classificar é separar o produto em diferentes categorias de qualidade, de acordo com suas peculiaridades, comparando-o aos padrões estabelecidos. O julgamento obtido dessa comparação permite o enquadramento do produto sob diferentes aspectos, relacionados às espécies, às cultivares, aos atributos físicos, aos defeitos e a outras peculiaridades. De acordo com suas principais características, os produtos são classificados, conforme segue:

Grupos: correspondem à separação do produto de acordo com as características das cultivares ou das variedades, as quais devem ser bem definidas;

Subgrupos: fornecem informações pormenorizadas sobre algumas características especiais dos produtos, como a coloração interna e/ou externa;

Classes: separação pelas características físicas do produto, como peso, forma, tamanho e cor;

Subclasses ou calibres: fornece informações pormenorizadas sobre alguma característica física especial, como diâmetro ou comprimento, que possa auxiliar na classificação;

Tipos ou categorias: referem-se à qualidade do produto, notadamente à sua aparência, considerando os tipos e os percentuais de defeitos graves e leves permitidos em cada categoria de qualidade, bem como outros atributos relevantes da espécie.

Com base nos defeitos, os produtos que não se enquadram nos padrões são desclassificados. A classificação de produtos hortícolas é fixada por lei. O decreto nº 3.664, de 17/11/2000, regulamenta a lei nº 9.972 de 25/05/2000, que determina a obrigatoriedade, em todo o território nacional, da classificação de produtos vegetais, seus produtos e resíduos de valor econômico, quando destinados diretamente para alimentação humana.

A legislação brasileira prevê a obrigatoriedade da classificação de produtos vegetais destinados à alimentação humana; sendo assim, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a relação dos padrões oficiais para mais de 60 produtos vegetais. A classificação só é obrigatória quando os produtos estiverem padronizados pelo MAPA. No Padrão Oficial de Classificação, estão definidas as especificações e os critérios de identidade e de qualidade, além da amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem para esses produtos.

Para as hortaliças-fruto, como o tomate (Port. MA nº 553, de 30/08/1995), existe o instrumento normativo. No entanto, para produtos em que não há disponibilidade das normas, a Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) disponibiliza cartilhas de classificação elaboradas pela Seção do Controle de Qualidade Hortigranjeira (SECQH), para alguns produtos como o pimentão, a berinjela e o chuchu. Nesse caso, não há obrigatoriedade na adesão dos parâmetros de classificação; porém, em vista das vantagens, sugere-se a sua adoção.

A classificação de alguns produtos pode ser realizada diretamente no campo, inclusive embaladas, como é o caso do morango. Contudo, para a maioria das hortaliças-fruto, esse

procedimento é realizado na casa de embalagem, após o beneficiamento. Sendo assim, nesse ambiente, a classificação pode ser realizada de forma manual ou por meio de equipamentos, os quais podem ser definidos como sistema mecânico ou eletrônico.

O sistema manual conta com o colaborador treinado de acordo com o padrão requerido para cada produto, o que possibilita uma classificação bastante eficiente, com refinamento na separação de cada classe. Esse trabalho pode ser desgastante ao longo de sua jornada, uma vez que exige atenção contínua do classificador.

O sistema mecânico caracteriza-se por princípios de separação por tamanho ou por peso. Nesse tipo de operação, podem ser utilizados vários equipamentos para facilitar o trabalho, como medidores de tamanho (peneiras, esteiras, flutuação em salmoura etc.), os quais têm como princípio movimentos de fluxo com interação ao tamanho do fruto, sendo comum a utilização de esteiras de lonas ou grades, roletes e taças.

O sistema eletrônico utiliza câmeras e sensores que atuam em sistemas de visão computacional, o qual conta com a descrição de objetos por imagens, classificando os produtos principalmente em relação ao tamanho e à cor. Nesse sistema, o fruto pode ser classificado rapidamente por tamanho ou por peso, descartando aqueles externamente defeituosos ou fora do padrão.

7 Embalagens, transporte e armazenamento

A utilização de embalagens adequadas associadas ao transporte refrigerado e ao armazenamento atuam como reguladores de oferta durante o período de entressafra, diminuindo as flutuações de preço e permitindo melhor disponibilidade do produto. A combinação de técnicas adequadas, como a embalagem bem dimensionada e a utilização da cadeia do frio, é primordial para retardar as perdas pós-colheita e manter a qualidade do produto ao longo da cadeia de produção e comercialização de hortaliças.

7.1 Embalagens

A embalagem adequada é aquela capaz de acondicionar e proteger o produto contra danos mecânicos e ambientais; para tanto, devem ser sempre limpas e não provocar alterações internas ou externas nas hortaliças. Outro ponto importante é o auxílio na otimização do transporte, das operações de carga e de descarga, do armazenamento, da manutenção da qualidade, da exposição, identificação e diferenciação dos produtos.

A escolha da embalagem e do método de embalagem devem levar em consideração o tipo de produto a ser transportado e o tipo de dano que pode ocorrer. O uso de embalagens corretamente elaboradas para as hortaliças-fruto pode contribuir para a manutenção de sua qualidade, em decorrência da diminuição nos danos físicos, o que coopera para a redução das perdas. Deve evitar ou minimizar injúrias mecânicas, fisiológicas ou microbiológicas e permitir trocas gasosas, ter boa transferência de calor, estar isenta de microrganismos patogênicos e deteriorantes etc. Os danos mecânicos que ocorrem durante o manuseio e o transporte de hortaliças podem ser minimizados pelo uso de embalagem com dimensões e formato apropriados. Dessa forma, cada tipo de produto tem um sistema de embalagem mais adequado do ponto de vista fisiológico e financeiro.

As operações de embalagem não melhoram a qualidade do produto, por isso, apenas os melhores produtos devem ser embalados, uma vez que os produtos infectados ou com danos mecânicos tornam-se fonte de contaminação ou infecção para os sadios, além de reduzirem a qualidade para a comercialização. Dessa forma, a qualidade será mantida quando as boas condições de embalagem forem associadas com boas condições de transporte e de armazenamento

refrigerado. Outra característica desejável para embalagens de transporte é a facilidade de paletização e padronização.

Para evitar os danos mecânicos ocasionados pelo mau uso da embalagem, é necessário fazer o enchimento cuidadoso nos pontos de queda dentro da embalagem, o uso de materiais protetores no fundo da caixa vazia e a elevação da embalagem durante a operação de enchimento, que podem reduzir os danos por impacto. Devem-se evitar o super enchimento das embalagens e/ou a utilização de embalagens muito profundas, visando evitar danos por compressão, como no caso do tomate cereja, hortaliça-fruto colhida madura e sensível a danos mecânicos, que deve ser colocado em embalagens pequenas; caso contrário, sofrerá perdas durante o manuseio (Figura 5). Outro fator importante é imobilizar as hortaliças dentro da embalagem, com o uso de caixas com tamanho apropriado e ajustando a densidade de enchimento. Os materiais acessórios são utilizados para a proteção das hortaliças dentro da embalagem, por exemplo, produtos que apresentam superfície delicada ou textura macia devem ser envoltos individualmente, ou de forma alternada, com papel de seda, redes protetoras ou suportes individuais (como no caso das embalagens anatômicas).

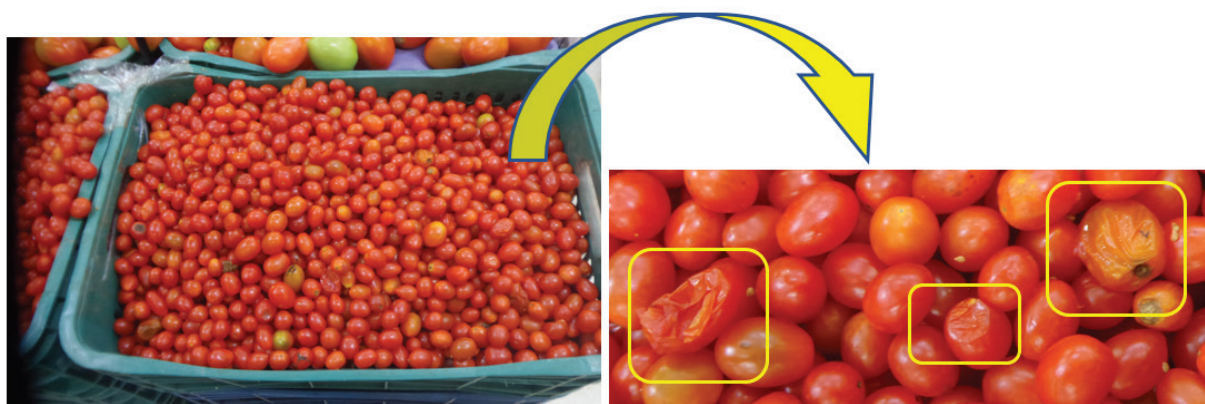



Figura 5 - Danos por compressão em tomate cereja, devido à utilização incorreta de embalagem.
Fonte: Os autores.

A Instrução Normativa Conjunta n. 09, de 12 de novembro de 2002, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Ministério da Indústria e do Comércio (MIC), estabelece os critérios que devem ser atendidos nas embalagens de hortaliças frescas. Em resumo: as embalagens devem ser mantidas íntegras e higienizadas; podem ser descartáveis ou retornáveis, sendo que as retornáveis devem ser resistentes ao manuseio a que se destinam, às operações de higienização e não devem constituir-se em veículos de contaminação; as dimensões externas devem permitir empilhamento, preferencialmente, em palete com medidas de 1,00 m (um metro) por 1,20 m (um metro e vinte centímetros); devem estar de acordo com as disposições específicas referentes às Boas Práticas de Fabricação, ao uso apropriado e às normas higiênico-sanitárias relativas aos alimentos; as informações obrigatórias de marcação ou de rotulagem referentes às indicações quantitativas, qualitativas e a outras exigidas para o produto devem estar de acordo com as legislações específicas estabelecidas pelos órgãos oficiais envolvidos.

O material de confecção das embalagens também tem efeito na manutenção da qualidade do produto hortícola. Entre os materiais mais utilizados estão a madeira, as fibras celulósicas (papelão) e os sintéticos, como o polietileno e o polipropileno (plásticas), os quais devem ter dimensões apropriadas para evitar amassamentos nos produtos. As embalagens de madeira, em geral, são as mais fortes e rígidas para o transporte. Podem ser construídas com pouca tecnologia, em diferentes formatos e especificações técnicas, e ser ou não retornáveis. Como desvantagens, podem causar injúria mecânica aos produtos devido à aspereza de sua superfície e, por serem de

difícil higienização, podem tornar-se fonte de contaminação microbiológica para os produtos nelas embalados.

As fibras celulósicas são utilizadas na confecção de embalagens de papelão ondulado, principalmente. As caixas de papelão são bastante utilizadas devido ao seu baixo preço unitário (quando comparadas a outras embalagens), além disso, podem ter tamanho variado, são não retornáveis (o que é viável principalmente em transportes longos, evitando o alto custo do frete de uma embalagem retornável vazia), são higiênicas e de fácil impressão. Por outro lado, são sensíveis às variações nas condições atmosféricas, em especial à umidade relativa, e mais frágeis a quedas e a empilhamento, quando comparadas aos outros materiais.

As caixas plásticas são retornáveis, higiênicas por serem de fácil limpeza, de natureza não abrasiva e são resistentes ao empilhamento, sendo as mais indicadas para transporte de produtos hortícolas. Uma desvantagem é a necessidade de um planejamento logístico associado ao retorno dessas embalagens.

Em 1999, a Embrapa Hortaliças lançou a caixa Embrapa, desenvolvida para a comercialização de tomate e de pimentão, utilizando medidas paletizáveis e auto exposição, isto é, a mesma embalagem é usada desde a colheita até o ponto final de venda, eliminando as trocas de embalagem ao logo da cadeia de distribuição, o que consequentemente reduz as perdas por manuseio excessivo. Em 2016, a Embrapa, em parceria com outras instituições, desenvolveu embalagens anatômicas para frutas e hortaliças, confeccionada a partir de poliuretano expandido adicionado de fibras vegetais, considerando os formatos e os vários tamanhos dos frutos, de modo a facilitar o transporte, o manuseio e a exposição. No caso do morango, por exemplo, permite que esses frutos possam ser mais bem acomodados em bandejas, cujas cavidades foram especialmente desenhadas para tal, em uma única camada de produto, o que reduz a ocorrência de injúrias mecânicas e facilita a escolha do produto na hora da compra.

Para algumas hortaliças-fruto, ainda são utilizados os sacos e as redes, por serem produtos mais resistentes ao transporte, de baixo valor de mercado e para distribuição em curtas e médias distâncias. Esses materiais têm apenas a função de acondicionamento do produto, mas não oferecem proteção a danos mecânicos e possuem baixa barreira para gás e umidade, além de serem deficientes como barreira a insetos e a microrganismos.

Considerando algumas especificidades de hortaliças-fruto, observa-se que as embalagens para morango, em geral, são bandejas de PVC transparente com tampa ou embalagens de PVC cobertas com filme plástico, de capacidade para aproximadamente 250 gramas do produto. Muitas vezes, o produto já é embalado na propriedade nessas bandejas e, posteriormente, em caixas de papelão. Também existem, no mercado, como já citado, embalagens anatômicas com bandeja de divisão individual por fruto, o que ajuda a evitar danos mecânicos, não sendo, entretanto, a mais utilizada até o momento.

Para berinjela, assim como para os demais produtos hortícolas, as caixas ‘tipo K’ não são indicadas, uma vez que são abrasivas, podendo causar deformações e ferimentos, o que reduz a qualidade do produto, além de deixar os frutos murchos, sem brilho e com o cálice escuro, devido à desidratação que pode ocorrer por serem caixas muito abertas. O mais recomendado é utilizar embalagens de caixas de papelão ondulado, com diferentes tamanhos, de acordo com a exigência do mercado, com capacidade de 8 kg a 15 kg. Outra forma de embalagem indicada para berinjela é o uso de filmes plásticos de PVC, que minimiza os efeitos da injúria por frio, a perda de brilho e o murchamento dos frutos. Nesse caso, os frutos podem ser embalados individualmente, inclusive a parte do cálice e do pedúnculo, ou serem acondicionados em bandejas, de 1 a 3 frutos, envolvidas com filme plástico.

Os pimentões, no mercado atacadista brasileiro, são embalados em caixas de madeira, de plástico e de papelão, dependendo da região. Para outras hortaliças-fruto, como melancia e algumas abóboras, ainda predomina o transporte a granel, ou seja, sem a utilização de embalagens.

Outro item fundamental quando se abordam as embalagens é a rotulagem, tanto para o produto que é exposto ao consumidor, quanto para o que será transportado. A rotulagem é considerada como a identidade do produto, deve permitir a sua rastreabilidade e conter informações representativas do produto que está sendo transportado e/ou comercializado.

De acordo com a Instrução Normativa Conjunta MAPA-ANVISA, a INC n.º 02/2018, a rastreabilidade pode ser definida como o conjunto de procedimentos que permite detectar a origem e acompanhar a movimentação de um produto ao longo da cadeia produtiva, mediante elementos informativos e documentais registrados. Ainda de acordo com a INC n.º02/2018, os envoltórios, as caixas, as sacarias e demais embalagens dos produtos vegetais frescos devem estar identificados por meio de etiquetas impressas com caracteres alfanuméricos, código de barras, QR Code, ou qualquer outro sistema que permita a identificação. As informações de rotulagem devem conter informações sobre o produto vegetal, tais como: nome do produto vegetal; variedade ou cultivar; quantidade de produto recebido (no caso de ente anterior à cadeia produtiva) ou expedido (no caso de ente posterior à cadeia produtiva); identificação do lote, data de recebimento ou expedição do produto vegetal; informações do fornecedor (ente anterior) ou comprador (ente posterior), como nome ou razão social, CPF, IE ou CNPJ ou CGC/MAPA, endereço completo ou, quando localizado na zona rural, coordenada geográfica ou CCIR. O prazo para implementação da rastreabilidade, constante na INC nº 02/2018 para hortaliças-fruto, foi definido da seguinte forma, a partir do dia 2 de fevereiro de 2018: tomate e pepino, 180 dias; pimentão, abobrinha e abóbora, 360 dias; berinjela, chuchu, jiló, pimenta e quiabo, 720 dias.

7.2 Transporte

Um planejamento adequado para o transporte permite que a hortaliça chegue ao consumidor de qualquer parte do país ou exterior no menor tempo possível, sem perder qualidade e a um custo que mantenha todos os elos da cadeia competitivos. O sucesso no transporte depende da forma com que o produto será acondicionado antes, durante e depois do envio, do tipo e da duração do transporte e, inclusive, das condições das estradas, sendo um grande desafio para a cadeia de produtos hortícolas, que são altamente perecíveis. As hortaliças *in natura* têm vida útil curta, e uma logística inadequada de transporte pode gerar perdas, em quantidade e qualidade, que, em alguns casos, pode até mesmo inviabilizar o negócio. As perdas pós-colheita no Brasil são elevadas do campo até o consumidor, e a melhoria da eficiência do transporte pode reduzi-las consideravelmente.

O sucesso da manutenção do produto fresco, com boa qualidade inicial durante o trânsito, depende do controle de cada etapa do sistema, que, por sua vez, é interdependente. O transporte pode ser realizado tanto a granel quanto embalado, utilizando-se, em ambos os casos, veículos apropriados e condições adequadas.

Considerando as condições ideais de transporte, o mais indicado é o transporte refrigerado e com o uso de embalagens, com a função de proteção da carga. O transporte refrigerado tem um custo mais elevado; por isso, ainda é pouco utilizado no Brasil para hortaliças-fruto. Em geral, as condições de transporte utilizadas não são as ideais e, desse modo, essa etapa é responsável por uma porcentagem de perdas bastante elevada, em especial pela não utilização de refrigeração e pela falta de proteção ideal da carga, sem o uso de embalagens corretas. No Brasil, o sistema mais comum de transporte é o rodoviário, responsável por mais de 60% das cargas transportadas, o que resulta em altos custos com frete, além de problemas com as más condições das estradas, o que compromete bastante a qualidade do produto em trânsito.

A temperatura é a principal condição ambiental que influencia a qualidade dos produtos. Temperaturas altas irão acelerar a respiração e a perda d'água, causando redução da qualidade por murcha e amolecimento prematuro. Por outro lado, em condições de transporte refrigerado, a temperatura excessivamente baixa causará dano por frio (*chilling*) ou congelamento. Outros fatores que afetam a qualidade do produto são os seguintes: qualidade inicial, em especial, grau de maturação

e ausência de danos mecânicos; umidade relativa e perda de água, em que umidades muito baixas favorecem o murchamento; concentração de gases emitidos pelo processo respiratório, devendo-se evitar o acúmulo de etileno em sistemas fechados de transporte; cargas mistas, hortaliças frescas têm exigências variadas de temperatura e de umidade, e têm sensibilidade variada à absorção de odores ou dano induzido por etileno de outros produtos, sendo assim, a mistura de produtos pode comprometer a qualidade da carga; danos físicos, vibração, compressão e impacto causam danos mecânicos nos produtos, que podem ser minimizados pelo uso de embalagem adequada e colocação correta no veículo refrigerado; além disso, as condições das estradas, a velocidade do veículo e a hora do dia em que o transporte será realizado terão influência na qualidade do produto em trânsito.

Algumas hortaliças-fruto são transportadas a granel, como é o caso do tomate para processamento industrial. Para esse produto, visando reduzir custos com mão de obra, a colheita é mecanizada e o transporte é realizado a granel, o que facilita também as operações de carregamento e de descarregamento, entretanto o produto fica mais suscetível a danos mecânicos, o que eleva o índice de perdas pós-colheita.

Para melancia, o transporte predominante é o realizado a granel, em caminhões. Como para os demais produtos, a melancia deve ter a casca bem conservada, sem danos mecânicos, por isso, para evitar depressões, achatamentos da casca ou quebra dos frutos, é recomendado colocar palha no fundo e nas laterais da carroceria e entre as camadas da hortaliça-fruto, com a finalidade de proteger contra choques durante o transporte (Figura 6). Além disso, devem-se empilhar, no máximo, três camadas de frutas grandes, ou cinco de frutas pequenas, para que não amassem.

As abóboras e as morangas comercializadas maduras têm a casca bem resistente, por isso, ainda é comum o transporte dos frutos a granel, em carrocerias de caminhão, ou em sacos contendo 20, 25 ou 30 kg nos mercados atacadistas. O ideal, entretanto, seria a utilização de caixas contendo até 20 kg do produto, para que o empilhamento respeitasse a capacidade de compressão dos frutos.

Figura 6 - Transporte rodoviário de melancia a granel.
Fonte: Os autores.

7.3 Armazenamento

As hortaliças-fruto, em geral, necessitam ser armazenadas para balancear as flutuações de mercado entre a colheita e a comercialização diária. As condições ideais de armazenamento e a sua duração variam de acordo com as características intrínsecas dos produtos vegetais, disponibilidade de produto no mercado, preços de comercialização, entre outros, sempre objetivando o maior prazo, sem perda considerável de seus atributos de qualidade. Dentre as condições intrínsecas, destacam-se, principalmente, a atividade respiratória do produto, a suscetibilidade à perda de umidade e a

resistência aos microrganismos causadores de doenças; assim, as condições ambientais desejadas serão obtidas mediante o controle da temperatura, da circulação de ar, da umidade relativa e, algumas vezes, da composição da atmosfera.

O produto a ser armazenado deve estar na melhor condição e qualidade possíveis, com ausência de danos mecânicos e de contaminação microbiológica, além de estar devidamente embalado e ter passado por um pré-resfriamento. Como já citado anteriormente, a maioria dos fatores que leva às perdas quantitativas e qualitativas acelera-se com o aumento da temperatura; por isso, quanto mais elevada a temperatura, menor o tempo de armazenamento.

Há várias maneiras de reduzir a temperatura nas hortaliças, sendo a mais simples protegê-los da insolação direta após a colheita. No campo, o simples procedimento de acomodar as hortaliças colhidas à sombra das árvores já é um auxílio para reduzir o metabolismo acelerado, ou seja, reduzir o calor do campo. Outra técnica simples é colher nas primeiras horas da manhã e abrir os galpões para ventilação com ar frio à noite, dependendo da região. A comercialização noturna também é uma medida já adotada com o intuito de reduzir perdas, devido à temperatura mais baixa e umidade relativa do ar mais elevada.

Entretanto, considerando condições ideais para o armazenamento, a recomendação é a refrigeração, o método mais econômico para o armazenamento prolongado de produtos vegetais frescos. Os demais métodos de controle do amadurecimento (como controle ou modificação da atmosfera, uso de ceras na superfície dos produtos) e das doenças não produzem bons resultados, se não forem associados à refrigeração.

A temperatura pode ser considerada como sendo o principal fator externo na conservação de vegetais frescos. Tal fato se deve à redução da taxa respiratória e, em consequência, redução das perdas de flavor, textura, cor e demais atributos de qualidade, ou seja, há retardo da senescência por regular as taxas dos processos fisiológicos e bioquímicos associados.

O pré-resfriamento é a primeira etapa do manuseio da temperatura e tem por finalidade a remoção rápida do calor do campo dos produtos recém-colhidos, antes do armazenamento, do processamento ou do transporte para locais distantes. Quando realizado de modo adequado, reduz a incidência de doenças e retarda a perda de frescor e de qualidade, porque inibe o crescimento de microrganismos, restringe as atividades enzimáticas e respiratória, inibe a perda de água e reduz a produção de etileno pelo produto. Os diferentes métodos comerciais utilizados para o pré-resfriamento são os seguintes: resfriamento com água, pelo vácuo, com ar ou com gelo.

Na câmara de armazenamento, a temperatura deve ser uniforme em todas as partes do recinto para evitar o amadurecimento desuniforme, as deteriorações ou as doenças em locais inacessíveis, reduzindo a qualidade do produto. Assim, o controle da temperatura torna-se a forma mais eficiente na extensão da vida pós-colheita de frutas, pois está diretamente relacionada à diminuição da taxa respiratória e da incidência de patógenos. É importante ressaltar que cada produto tem uma faixa de temperatura ideal para ser armazenados, e temperaturas acima das máximas ou abaixo das mínimas podem interferir na duração desse armazenamento, bem como na qualidade do produto após o fim desse período (Tabela 2).

As hortaliças-fruto possuem uma grande porcentagem de água em sua composição, em torno de 80% a 90% do seu peso. Antes da colheita, a absorção pelas raízes mantém o suprimento de água e a transpiração regula a temperatura; já no período pós-colheita, a perda de água leva ao murchamento e à perda de brilho. Por isso, além da temperatura, o controle da umidade relativa no ambiente de armazenamento é fundamental, uma vez que valores abaixo dos requeridos pelo produto ocasionam perda de umidade, podendo tornar as hortaliças imprestáveis para a comercialização. Por outro lado, quando a umidade relativa se encontra próxima da saturação, poderá haver o desenvolvimento excessivo de microrganismos patogênicos, bem como rachaduras na superfície do produto.

A manutenção da umidade relativa do ar dentro dos limites recomendados pode ser feita por meio de umidificadores na câmara de armazenagem, regulação da movimentação do ar, uso de barreiras de umidade na câmara de armazenagem e uso de resfriamento rápido, com gelo e/ou água.

Tabela 2 - Condições ideais de temperatura e umidade relativa para armazenamento de algumas hortaliças-fruto

Hortaliça-fruto	Temperatura de armazenamento (°C)	Umidade Relativa (%)
Abóbora moranga	10-13	50-70
Abobrinha	5-10	95
Berinjela	10-12	90-95
Ervilha	0	95-98
Feijão-vagem	5-7,5	95-100
Melancia	10-15	90
Melão honeydew	10	90-95
Melão rendilhado	2-7	95
Morango	0-5	90-95
Pepino	7-9	95
Pimenta	7-12	90-95
Quiabo	7-10	90
Tomate maduro	8-10	90-95
Tomate verde-maturo	13-21	90-95

Fonte: Adaptado de USDA (2016).

Hortaliças-fruto como abóboras e morangas têm sensibilidade à desidratação variável. Quando colhidos imaturos, como a abobrinha, são muito sensíveis e devem ser mantidos em ambientes de elevada umidade relativa (95%); por outro lado, frutos colhidos maduros, como abóbora e moranga, podem ser armazenados em ambiente com umidade relativa de 50% a 70%, pois têm casca firme e pouco permeável, o que protege contra a perda de água. A berinjela, como outros frutos imaturos, também é muito sensível à desidratação, sendo que a maior parte da perda de água ocorre pelo cálice, portanto não se deve removê-lo, em virtude do murchamento ocasionado, o que leva a um aspecto esponjoso e perda de brilho dos frutos.

Visando manter a temperatura e a umidade homogêneas em todo o ambiente de armazenamento, deve haver a circulação de ar na câmara; para isso, a distribuição correta das caixas contendo o produto de modo a permitir a passagem uniforme de ar entre elas é essencial. As embalagens com produto não devem ficam em contato com o chão, nem encostadas na parede e/ou no teto; além disso, no caso das caixas, devem possuir orifícios para passagem do ar.

Em geral, o morango pode ser conservado à temperatura de 0°C com 90%-95% de umidade relativa durante 3 a 5 dias, sendo essencial que, durante o transporte, seja refrigerado, pois, assim, pode-se manter a cadeia do frio.

Para as pimentas, as temperaturas entre 7°C e 12°C são as mais indicadas para reduzir a respiração e outros processos fisiológicos, entretanto não existem informações disponíveis sobre a temperatura ideal de armazenamento para cada um dos tipos de pimenta cultivados no Brasil. Os maiores problemas pós-colheita das pimentas são a rápida perda de água dos frutos, que resulta em murchamento, e a descoloração do pedúnculo, que perde sua coloração verde. Esses dois problemas

reduzem o valor de mercado do produto e podem ser motivos de descarte na comercialização. Para evitar a perda acentuada de água, é recomendável deixar os frutos com o pedúnculo e associar a refrigeração ao uso de embalagens plásticas, que mantêm a umidade elevada. É importante destacar, entretanto, que o uso de embalagens plásticas para comercialização em temperatura ambiente pode ocasionar o desenvolvimento de fungos no pedúnculo e na superfície dos frutos após 2-3 dias, comprometendo a aparência dos frutos.

As abóboras e as morangas possuem casca grossa e conteúdo de água que permitem que sejam armazenadas por até três meses, dependendo da cultivar, em temperatura ambiente no galpão, assim, quando os preços de venda compensam adequadamente os investimentos e os riscos do produtor, podem ser armazenados para consumo além da data de colheita. Entretanto, quando o objetivo é armazenar por períodos mais longos, a temperatura deve ser entre 12°C a 14°C.

Para berinjelas, a temperatura de armazenamento ideal deve situar-se entre 8°C e 12°C, com uma umidade relativa de 90% a 95%, sendo possível manter a qualidade dos frutos por até três semanas. Os frutos de algumas cultivares têm maior capacidade de conservação, alcançando até 21 dias (Super F-100) e 17 dias (Piracicaba F-100); as demais cultivares cultivadas no Brasil têm período de conservação menor, variando entre 7 e 14 dias.

O abaixamento da temperatura tem um limite, variável de acordo com cada produto, sendo que temperaturas abaixo das mínimas toleradas podem causar, em produtos sensíveis, injúrias por frio, como o *chilling*, que causa alterações sensoriais irreversíveis, amadurecimento deficiente e alteração fisiológica nos produtos armazenados, e os sintomas geralmente são visíveis quando o produto retorna à temperatura ambiente. A suscetibilidade à injúria por frio varia entre cultivares, estádio de maturação, tempo de permanência em determinada temperatura. Geralmente, as hortaliças-fruto total ou parcialmente maduras são menos sensíveis à injúria por frio do que as imaturas.

A maioria das hortaliças-fruto são sensíveis ao *chilling*, conforme é possível observar na Tabela 3, para grande parte, temperaturas abaixo de 7°C são suficientes para causar desordem fisiológica e tornar o produto impróprio para o consumo. Quanto mais baixa a temperatura e maior o tempo de exposição ao frio, mais pronunciados serão os sintomas dessa injúria.

Tabela 3 - Sensibilidade de algumas hortaliças-fruto ao dano por frio (*chilling*)

<table>
<tr><th>Hortaliça-fruto</th><th>Temperatura em que ocorre chilling (°C)</th><th>Sintomas de chilling</th></tr>
<tr><td>Abóbora moranga</td><td><10</td><td rowspan="2">Podridão, especialmente de Alternaria</td></tr>
<tr><td>Abobrinha</td><td><5</td></tr>
<tr><td>Berinjela</td><td>5-8</td><td>Escaldadura superficial, podridão por Alternaria, escurecimento das sementes</td></tr>
<tr><td>Ervilha</td><td>Não sensível</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Feijão-vagem</td><td>7</td><td>Depressões superficiais e russeting</td></tr>
<tr><td>Melancia</td><td>4,5</td><td>Depressões superficiais, flavor desagradável</td></tr>
<tr><td>Melão cantaloupe</td><td>2-5</td><td>Depressões, podridão superficial</td></tr>
<tr><td>Melão honeydew</td><td>7-10</td><td>Depressão superficial, falha no amadurecimento, podridão superficial, descoloração</td></tr>
<tr><td>Morango</td><td>Não sensível</td><td>-</td></tr>
</table>

Pepino	<7	Áreas translúcidas e aparência aquosa, depressões superficiais, podridão
Pimenta	<7	Podridão de *Alternaria* em cálices, escurecimento das sementes
Pimentão	<7	Depressões na epiderme, escurecimento das sementes e do cálice, podridão por *Alternaria* e *Botrytis*.
Quiabo	7	Descoloração, áreas de encharcamento, depressão superficial, podridão
Tomate maduro	7-10	Amaciamento, deterioração, translucidez
Tomate verde-maturo	13	Coloração deficiente quando maduro, podridão por *Alternaria*

Fonte: Adaptado de USDA (2016).

Em pimentão, a injúria pelo frio pode se manifestar em temperaturas abaixo de 7°C e os sintomas incluem a presença de depressões na epiderme, o escurecimento das sementes, o escurecimento e a desidratação do cálice, a perda de brilho da casca e os tecidos internos podem sofrer escurecimento e posterior colapso. Frutos mantidos à temperatura inferior a 7°C por tempo suficiente para causar injúria tornam-se suscetíveis à podridão por *Alternaria* sp e, quando abaixo de 5°C, à podridão por *Botrytis* sp.

Por ser um fruto tipicamente tropical, a berinjela é muito suscetível à injúria por frio. Por essa razão, deve-se tomar muito cuidado para não conservar o produto em temperaturas inferiores a 8°C, principalmente em frutos não embalados. A extensão dos danos depende do período de tempo de exposição a temperaturas muito baixas e da suscetibilidade das cultivares. O sintoma típico da injúria por frio é o aparecimento de lesões na forma de depressões circulares a irregulares na superfície dos frutos, onde posteriormente se desenvolvem fungos secundários, como *Alternaria alternata* e *Cladosporium fulvum*. Internamente, os frutos podem apresentar escurecimento das sementes e da polpa. O aquecimento intermitente, em intervalos de 3 a 6 dias, dos frutos durante o armazenamento refrigerado pode reduzir os efeitos adversos da injúria por frio.

Outra tecnologia que pode ser utilizada para o armazenamento prolongado de hortaliças-fruto é a atmosfera controlada, que tem como princípio básico reduzir a porcentagem de O_2 e aumentar a de CO_2 no ambiente de armazenamento, resultando em prolongamento da vida pós-colheita. Essa técnica tem como principal objetivo a redução, a um valor mínimo, das trocas gasosas que ocorrem no produto, relacionadas à respiração. Dessa forma, há redução, em sua atividade metabólica, mantendo-se, entretanto, vivas as células dos tecidos vegetais. A técnica de controle atmosférico envolve o uso de câmaras herméticas a gases e implica a adição ou a remoção de gases (CO_2, O_2 e C_2H_4), exigindo um controle instrumental rigoroso da composição atmosférica. É uma técnica pouco utilizada no Brasil para hortaliças-fruto, por exigir mão de obra especializada e por ter um alto custo de instalação e manutenção.

7.4 Qualidade

A qualidade das hortaliças-fruto pode ser determinada pela padronização das características sensoriais e nutricionais, além da segurança do alimento para a saúde do consumidor. Porém, fatores inerentes ao consumidor, ou seja, fatores subjetivos, também determinam a qualidade do produto destinado ao mercado. Além desses, a finalidade do produto (para o consumo *in natura* ou para o processamento) também apresenta atributos de qualidade diferentes. Para o consumo *in natura*, os atributos referentes à aparência e ao sabor são de suma importância; por outro lado, produtos

utilizados como matéria-prima em indústrias devem atender as necessidades tecnológicas, além de atentar para a presença de defeitos, de frutos verdes, do teor de sólidos solúveis, da presença de terra, dentre outros fatores.

A adoção de práticas culturais adequadas, a definição do ponto de colheita e as características do produto colhido são fatores diretamente associados à qualidade do produto final. Dessa forma, fatores como presença de terra, teor de sólidos solúveis, cor e percentagem de frutos verdes são levados em consideração na aquisição de frutos para o processamento. Fatores pré e pós-colheita podem afetar a qualidade dos frutos colhidos, como condução, manejo dos solos e da irrigação, ponto e sistemas de colheita, danos causados por fatores bióticos e abióticos, temperatura durante o processo produtivo e na fase de pós-colheita, formas de acondicionamento e transporte. A definição do ponto de colheita, portanto, depende de uma série de fatores relacionados com a fase anterior à colheita, como a disponibilidade de nutrientes, temperatura, comprimento do dia, dentre outros, que influenciam diretamente a qualidade do produto.

Várias mudanças fisiológicas e bioquímicas ocorrem durante o desenvolvimento e a maturação dos frutos. Essas mudanças resultam da síntese e da degradação de diferentes compostos, influenciados, principalmente, pela idade dos tecidos, por fatores ambientais e pelo manejo adotado. Os principais grupos de compostos que mais afetam a qualidade dos frutos são açúcares solúveis, ácidos orgânicos, fenólicos, pigmentos, substâncias pécticas, açúcares neutros da parede celular e voláteis.

A aparência nada mais é do que a apresentação do produto, sendo o principal fator de aceitação pelo consumidor, o qual também é um indicativo do sabor e do aroma esperado. Dessa forma, as análises das características, como o grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos, auxiliam na determinação da maturação e do ponto de colheita, bem como na padronização e na classificação.

O tamanho e a forma dos frutos podem afetar a escolha dos consumidores, o manuseio, o potencial de armazenamento, a seleção de mercado e o destino final do produto. O tamanho pode ser avaliado pelas dimensões, peso ou volume, enquanto a forma é avaliada pela relação entre os diâmetros. Para tanto, são utilizados peneiras, esteiras rolantes ou calibradores, além de visores mecânicos acoplados ao computador. Essas duas características são importantes também quando destinados à industrialização, uma vez que podem facilitar os cortes e o descascamento ou a obtenção de produtos uniformes.

A cor é uma das mudanças mais evidentes, caracterizada pela degradação da clorofila e pela síntese de outros pigmentos, sendo um dos atributos que o consumidor utiliza para julgar a qualidade dos frutos. Assim, embora seja um excelente indicativo do ponto de colheita, a cor da casca não pode ser utilizada isoladamente, uma vez que pode ser influenciada pelas condições ambientais e pelos tratos culturais adotados, além das diferenças inerentes às características genéticas.

As cores intensas e brilhantes são preferidas, porém, na maioria dos casos, não contribuem efetivamente para o valor nutritivo e para a qualidade comestível dos frutos. Nas indústrias de processamento, a cor também é um atributo importante, uma vez que os produtos processados também devem ser atrativos ao consumidor.

Os defeitos internos ou externos podem ser causados por pragas e doenças, desordens fisiológicas e danos mecânicos, podem ser de natureza genética, das condições ambientais ou nutricionais, bem como do manuseio inadequado. Esses atributos são utilizados para classificar os produtos, podendo reduzir a comercialização do produto.

A textura é uma combinação de sensações induzidas, em sua maioria, por características mecânicas, além de características geométricas ou químicas, e a percepção sensorial desse alimento na mão ou na boca. As principais sensações são de dureza, maciez, fibrosidade, suculência, granulosidade, qualidade farinácea, resistência e elasticidade. Embora algumas definições de textura sejam restritas apenas a atributos sensoriais ou a propriedades mecânicas diretamente relacionadas a elas, o termo textura, às vezes, é entendido para incluir algumas propriedades

mecânicas de interesse comercial que podem não ser de interesse direto para o consumidor, como resistência a danos mecânicos.

Na maturação, ocorre a dissolução da lamela média das células, ocasionando a diminuição da firmeza dos frutos, sendo determinada empregando-se o penetrômetro ou texturômetro, o qual mede a resistência da polpa à inserção de um êmbolo de diâmetro conhecido. Além de ser um indicativo do ponto de maturação para alguns frutos, a firmeza pode dar indícios do período de tempo em que os frutos poderão ser conservados em câmaras frias e da aptidão ao transporte.

O sabor é uma sensação bastante complexa, que leva em consideração outros sentidos percebidos simultaneamente pelo cérebro, como o paladar e o odor, e também são características importantes na determinação da qualidade dos frutos. De forma geral, o amadurecimento é caracterizado por modificações na composição dos frutos, como o aumento do teor de açúcares simples, decréscimo da acidez e da adstringência, os quais podem ser afetados pelo grau de maturação, cultivar, irrigação, fertilização e armazenamento.

O teor de açúcares pode ser avaliado qualitativa e quantitativamente por métodos químicos ou cromatográficos, sendo o teor de sólidos solúveis totais utilizado como medida indireta do teor de açúcares. O teor de sólidos solúveis totais é facilmente medido pelo refratômetro, e os valores são dados em 'ºBrix'. A acidez, por sua vez, é atribuída aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, os quais diminuem com o processo de maturação dos frutos, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório.

No que diz respeito ao aroma, conjunto das sensações do olfato que são estimuladas pelos componentes voláteis, conferem as características específicas a cada produto, sendo responsáveis pela aceitação dos produtos hortícolas. Mesmo as pequenas modificações no aroma podem ser perceptíveis, sendo assim, produtos verdes, supermaduros ou que apresentem fermentações são rejeitados pelos consumidores.

O valor nutritivo das hortaliças também está relacionado com a qualidade, porém é pouco considerado na cadeia de comercialização, sendo de menor importância para os produtores ou consumidores, visto que não afeta a aparência e a qualidade comestível. As hortaliças, entretanto, têm importante papel na alimentação humana, principalmente por serem excelentes fontes de vitaminas, minerais e fibra que complementam a dieta humana, apresentando inúmeros benefícios à saúde do consumidor, o que tem elevado a procura e o consumo desses alimentos.

Os frutos apresentam, de maneira geral, suas melhores características de qualidade quando completam seu amadurecimento ligados na planta mãe. Todavia nem sempre podem ser colhidos nesse ponto, devido à maior perecibilidade e sensibilidade ao manuseio e ao transporte. Assim sendo, o ponto de colheita depende da distância entre o local de produção até o mercado consumidor ou a indústria de processamento, além da preferência do consumidor e do mercado. Outro fator a ser considerado é o comportamento respiratório dos frutos, uma vez que os frutos climatéricos podem ser colhidos quando atingem a maturação fisiológica, sendo possível observar a evolução nos atributos de qualidade, como cor, sabor, maciez, durante o processo de amadurecimento que ocorre após a colheita. Por outro lado, nos frutos não climatéricos, os processos metabólicos que conduzem ao amadurecimento do fruto cessam ao serem colhidos, o que torna necessária a observação desse aspecto ao definir o ponto de colheita.

Assim sendo, os atributos de qualidade mencionados não devem ser considerados individualmente, mas sim como um conjunto que irá satisfazer os consumidores e as indústrias processadoras. A seguir, seguem algumas informações referentes ao ponto de colheita das principais hortaliças-fruto.

O tomate (*Solanum lycopersicum L.*), que é considerado um fruto climatérico, pode ser colhido no estádio 'de vez', possibilitando que o amadurecimento e a senescência ocorram após a colheita do fruto. Para tanto, o tomate apresenta três estádios de maturação em que a colheita pode ser realizada: no estádio 'de vez', parcialmente maduro ou maduro.

Quando os frutos são destinados para os mercados consumidores distantes, a colheita do tomate é realizada no estádio 'de vez', possibilitando um amplo período de tempo para o produtor preparar o

fruto para o mercado, mas também prevenir danos mecânicos durante a colheita. Em contrapartida, os tomates completamente maduros são suscetíveis às injúrias durante a colheita, resultando em vida útil pós-colheita curta, porém são produtos requeridos para as indústrias de processamento.

O pepino (*Cucumis sativus* L.) é uma cultura em que os frutos são colhidos ainda imaturos, próximo ao seu tamanho final, mas antes de as sementes completarem o seu crescimento e endurecimento. Sendo assim, o pepino tipo caipira é colhido quando os frutos atingem entre 12 cm e 14 cm de comprimento, e os tipos aodai e japonês quando atingem entre 21 cm e 23 cm. Por outro lado, o pepino destinado à indústria ou à conserva se caracteriza por frutos colhidos precocemente, quando possuem entre 5 cm a 7 cm de comprimento.

Em relação às aboboras (*Cucurbita moschata* Duchesne), a preferência é por frutos com casca lisa e sem brilho, formato arredondado e cor intensa. O tamanho varia com o mercado de destino: algumas regiões preferem frutos maiores (de 2,5 kg a 3,2 kg), por outro lado, existem regiões em que predomina a preferência por frutos menores (de 1,8 kg a 2,5 kg).

A berinjela (*Solanum melongena*) apresenta boa qualidade quando consumida imatura, com o pedúnculo túrgido e verde, o fruto intensamente colorido e brilhante, e a polpa macia com sementes claras. O tamanho dos frutos pode variar de 14 cm a 25 cm de comprimento.

Para o morango (*Fragaria* x *ananassa*), o parâmetro mais utilizado para definir o ponto de colheita é a cor. De modo geral, deve ter, no mínimo, entre 50% a 75% da superfície de cor vermelho-brilhante, quando destinado para o consumo fresco. O ponto de colheita pode variar também em função da distância e do tempo de transporte, da temperatura ambiente, da cultivar e da finalidade do produto.

O pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum*) também tem como principal determinante da colheita a cor, sendo os frutos verdes e brilhantes, sem a mudança da cor, os mais apreciados pelos consumidores. Porém, atualmente, o mercado conta com novas cultivares, cujas cores podem variar (creme, amarelo, laranja, vermelho e roxo), com preferência pelos vermelhos e pelos amarelos. Esses frutos são colhidos quando apresentam 50% a 70% de coloração, ou seja, próximo ao amadurecimento total dos frutos. Além disso, é utilizado o tamanho comercial e a consistência como critério para definir o ponto de colheita. Em relação ao tamanho, os frutos devem atingir o máximo desenvolvimento comercial, normalmente de 14 cm a 18 cm, para os híbridos atuais, podendo ter variações em função do material genético entre 4 cm a 26 cm de comprimento e diâmetro de 4 cm a 11 cm.

O quiabo (*Abelmoschus esculentus*) pode ser colhido quando os frutos apresentam cor verde intensa, firmes, sem mancha escura e com menos de 12 cm de comprimento.

No caso da melancia (*Citrullus lanatus* Schrad), por não se tratar de um fruto com características climatéricas, deve ser colhida quando atingir as máximas qualidades. O secamento da gavinha mais próxima do fruto, a mudança da coloração da parte do fruto que está apoiado ao solo, que passa de esbranquiçada para amarelada, são características que podem auxiliar os produtores a definirem o ponto de colheita. Para que os frutos cheguem ao mercado com boa apresentação, são classificados quanto ao peso, ao formato e à coloração. Dessa forma, aqueles com peso superior a 9 kg e cor normal são classificados como extra ou especial.

8 Comercialização de hortaliças-fruto

Na produção das grandes culturas como soja, milho, algodão e trigo, a prioridade sempre foi a produtividade no campo e o processo de comercialização realizado por meio de cooperativas ou *tradings*, sem que o produtor se preocupasse com estratégias de vendas. Por outro lado, na horticultura, trata-se de um mercado altamente diversificado de espécies de perfis de produtores, diferentes canais de comercialização e perfis de clientes e de consumidores que geram necessidades

de conhecer o processo de comercialização, a lucratividade, a rentabilidade e a atratividade de manter a atividade.

Em municípios em que as atividades rurais são predominantes para a geração de renda, é fato que, quando os produtores propiciam boas safras agrícolas, o reflexo é imediato no comércio local, por efeito da circulação de renda nessas localidades.

Neste século, diversos fatores têm influenciado o consumo de alimentos, propiciando o surgimento de novos canais de vendas. Com a valorização da qualidade nutricional das hortaliças, são identificadas novas formas de consumo nas diversas classes de consumidores, além das organizações das associações de produtores, vendas institucionais e adoção de estratégias de agregação de valores, favorecendo o incremento do lucro na cadeia produtiva.

Na comercialização, o processo logístico representa todo ciclo de pós-colheita até a entrega do produto ao destino final, o que envolve ações de transporte, de embalagem, de acondicionamento, de descarga, de manuseio e de colocação nos pontos de venda. Importante destacar que esse processo ocorre em um mercado diversificado, com diversos formatos atacadistas, varejistas, intermediários, consumidores finais, indústrias, restaurantes, lanchonetes, redes de supermercados etc. Portanto são diversos segmentos e formatos de clientes a serem atendidos, em grupos que podem ser melhor qualificados em estilo de vida, renda ou classe social ou mercado popular, convencional e *premium*.

Além da logística e do segmento de clientes, as formas em que os produtos serão colocados no mercado também são variadas, sendo essencial a agregação de valor, visto que a oferta inclui produtos *in natura* sob formato convencional ou mini e baby, produtos minimamente processados, produtos embalados ou a granel. Nessas variedades de produtos ofertados, destacam-se a distinção pela qualidade que representa os atributos que o cliente espera encontrar nos produtos, como aparência, textura, sabor, valor nutricional etc. Assim, como diferencial de variedade, os atributos são importantes referências para a distinção e a classificação dos produtos como *premium*, extra etc. Por fim, pelo fato de tratar de produtos altamente perecíveis, a embalagem e o armazenamento adequados são cuidados essenciais para garantir maior durabilidade e firmeza do produto.

Tabela 4 - Perfis de produtores de hortaliças

Tipos de produção em escala comercial	
Produção diversificada	**Produção especializada**
Variedade de espécie de produtos durante o ano	Concentrado em poucas espécies (tomate, pimentão, pepino etc.)
Diversidade de perfis de produtores (pequeno, grande)	Uso intensivo de tecnologia
Diversidade de oferta e de qualidade	Ênfase na produtividade
Precisa saber comercializar	Comércio com foco no atacado e no distribuidor

Fonte: Os autores.

O mercado de hortaliças é muito diversificado em espécies e cultivares, volumes, qualidade, preço, sazonalidade da oferta, perfis de pequenos e médios produtores espalhados geograficamente no País e produção com diferentes condições climáticas em diversas regiões. Além dessas configurações, existem também produtores que produzem diversas variedades de cultivos e, por outro lado, produtores especializados em determinadas culturas, como tomate, repolho, cenoura, cebola, batata etc.

Essas variedades de cultivos geram uma dinâmica de estratégias na pós-colheita, especialmente na agregação de valor para comercialização como diferencial competitivo.

No mercado nacional, encontram-se diferentes condições ambientais geográficas de solo, clima e culturas, com melhores épocas distintas para cultivo, colheita e comercialização em cada região. A produção de hortaliças em cada região brasileira ocorre de forma distinta, com fatores que afetam a oferta e a demanda dos produtos.

Apesar da concentração de grandes volumes de produção em alguns estados, a maioria das hortaliças são produzidas em menor escala em todo o país. A produção é diversificada ou especializada, encontrada sob a forma artesanal e até com uso de tecnologias e sistemas sofisticados, sejam pequenos ou grandes produtores. A heterogeneidade de produção ocorre em todas as regiões do país, pois a demanda para o consumo de hortaliças, seja pela inclusão no cardápio pelo aspecto funcional e nutricional ou pela inovação na gastronomia, apresenta diferentes preferências locais, seja nos modos de preparo ou de consumo.

A grande concentração da população em áreas urbanas e a busca da melhoria na qualidade de vida são fatores que levam ao aumento da produção de alimentos em todo o mundo. Particularmente no Brasil, que apresenta potencial de produção de hortaliças em todo território nacional, representa uma grande oportunidade para expansão da oferta de hortaliças. Portanto as hortaliças dispõem de um amplo mercado: local, regional, estadual, nacional e até internacional.

Para atender o potencial desse mercado, é preciso analisar a competitividade das espécies cultivadas, visto que a produtividade das safras, independentemente da região, pode abastecer mercados de diferentes localidades.

Entender esse contexto é importante para planejar a produção e identificar o posicionamento adequado do produtor neste mercado. Assim, além de produzir, é preciso ter conhecimentos relacionados às ações de marketing, como as exigências de qualidade e de aparência visual, pois estamos tratando de produtos que podem ser consumidos *in natura* ou processados e que, portanto, devem estar livres de contágio de bactérias, pragas, resíduos etc. Além de conquistar e de manter mercados, o cuidado e a sensibilidade de lidar com alimentos naturais requerem a adoção de boas práticas de manejo na produção, na colheita e na pós-colheita, para preservar propriedades nutricionais dos produtos.

Devido à diversidade de variedade e de espécies, as hortaliças apresentam inúmeros diferenciais nas ofertas de produtos, que representam oportunidades de agregação de valor pela estratégia comercial de diferenciação, como são os casos de produtos como pepino, tomate, folhosas etc. que se apresentam em diversas cores, tamanhos e sabores.

As informações sobre volume de produção e qualidade das safras são essenciais para determinar as estratégias comerciais pela influência nos preços e, portanto, na lucratividade. Quando a produção é abundante, os preços e os lucros tendem a reduzir e, quando a produção de algumas regiões é afetada por fatores como clima, doenças ou pragas, as ofertas tendem a diminuir e os preços aumentam, gerando bons lucros.

As variações nas ofertas de produtos ao longo do ano são determinantes para definição dos preços e, portanto, para o produtor, é uma oportunidade de planejar a produção para programar a colheita nos períodos de escassez de oferta dos produtos para conseguir comercializar a preços mais atrativos.

8.1 Oportunidades de comercialização que o mercado oferece

O produtor de hortaliças encontra grandes oportunidades no mercado para comercialização da produção. Para vendas no mercado local, existem, de um lado, pequenos produtores que são capazes de comercializar apenas no mercado local ou regional cuja demanda não apresenta muita variedade na segmentação de clientes exigentes quanto à qualidade. Por outro lado, quando a produção é destinada para o atacado, redes de supermercados ou distribuidores, torna-se essencial conheceras exigências de cada canal. Assim, destacam-se:

Produção de subsistência: foco na geração de renda, portanto este enfoque é para pequenos produtores, sem capacidade de investimento em tecnologias de produção;

Produção empresarial: foco na economia de escala visando minimizar custos. Este enfoque deve ser observado por todos os produtores (grandes ou pequenos) que buscam produtividade e competividade a partir de investimentos em tecnologias de produção.

Para as vendas em feiras livre e em pequenos mercados, não há preocupações com embalagens sofisticadas, pois os consumidores são formados por pessoas que moram próximo ao local e que procuram produtos frescos por hábito e comodidade.

Na produção empresarial, o produtor, como agente de comercialização, passa a ter contato indireto com o consumidor e o foco passa a ser a gestão, que envolve negociações nas compras de insumos, vendas, crediário e controles na estocagem, beneficiamento, abastecimento, armazenamento, embalagem, transporte, perdas, qualidade, custos etc.

Além dessas funções de gerenciamento, os recursos humanos envolvidos na comercialização são diferentes da mão de obra rural, o que envolve outras aptidões e qualificações, como atendimento ao público em diferentes nichos de mercado, capacidade de argumentação nas negociações, aptidão para planejamento financeiro.

Na comercialização, as dificuldades começam na identificação do mercado alvo diante da diversidade de canais de vendas.

A definição sobre a melhor estratégia começa em decidir entre produzir e vender em grandes ou pequenas quantidades. Se a opção for em pequenas quantidades, as perspectivas de lucratividade também serão baixas, por falta de escala para diluir custos. Por outro lado, a produção em grande escala requer grandes investimentos, tecnificação, rigor na alta produtividade e maiores riscos, com poucos produtores capacitados neste perfil.

São inúmeros os problemas que precisam ser analisados na escolha da estratégia mais adequada entre produzir em grandes ou pequenos volumes. A produção concentrada em apenas algumas épocas do ano dificulta a fidelização de clientes, especialmente quando se trata de grandes compradores, como redes de supermercados, restaurantes e atacadistas. Outro problema é a carência de casa de beneficiamento pós-colheita (ou *packing house*) para selecionar, classificar e acondicionar produtos para atender as exigências de qualidade, limpeza e embalagem. Em uma produção em grande escala, é essencial otimizar a logística, incluindo o local apropriado para armazenamento, o horário de entrega e o abastecimento para clientes, o transporte mais apropriado até o local destinado para a entrega. Por fim, a importância do marketing para definir as ações de venda e estratégias sobre diferenciação e agregação do valor influenciam nos preços e nos lucros.

Portanto, para as ações de comercialização, é preciso focalizar o tipo de cliente a ser atendido, a melhor época de colheita para alcançar a demanda com preços mais lucrativos e como atender adequadamente cada segmento de clientes.

As estratégias de comercialização são analisadas sob o foco da produção que pode ser de produtos diferenciados para mercados de nichos específicos para atender a determinados segmentos de clientes ou então a produção voltada para o mercado de forma geral, o que requer economia de escala e custo baixo para ser competitivo. Essas escolhas são essenciais para continuar na atividade pela necessidade de realizar investimentos na infraestrutura, preparo da área e de instalações (irrigação, cultivo protegido, compostagem etc.).

O processo de comercialização consiste em atender os diferentes canais de vendas com oferta e estratégias de vendas conforme os nichos de mercado.

É fato que existem grandes concorrências entre produtores em todos os canais de venda (consumidores finais, atacadistas, supermercados, frutarias etc.). Os determinantes estruturais que afetam a competitividade (cuja abordagem pode ser aplicada na análise da produção e da comercialização de hortaliças) são os que se expõem a seguir.

Barreiras a entrada de novos competidores: o comércio de hortaliças é um mercado amplamente diversificado. Assim, os produtores, para conquistar e manter o mercado, precisam buscar estratégias em cada nicho de mercado e em cada canal de comercialização. As principais estratégias aplicadas são economia de escala, diferenciação de produtos, acesso a canais de distribuição ou investimentos em produção com tecnologias avançadas. A mesma estratégia de vendas aplicadaem uma feira livre não se sustenta para uma rede de supermercado ou para um comércio atacadista. O caminho para o alcance de ganhos de escala passa pela melhoria da gestão: treinamento, eficiência na cadeia de suprimentos, cumprir condições exigidas por clientes (quantidade e especificações do produto, preço, prazo de entrega, entrega em domicílio, pagamento facilitado, atendimento etc.), além da adoção de instrumentos avançados de tecnologia de informação e automação comercial (vendas pela internet, atenção às redes sociais, automação de processos etc.), entre outros. O foco em nichos específicos de mercado e na especialização também se encontra em evolução.

Fornecedores poderosos: para se tornar um fornecedor com poder de barganha frente aos grandes compradores, é essencial, além do volume, a constância na produção e na oferta. Esses requisitos são essenciais, em uma negociação, para conquistar e manter clientes de grande poder de compra, como supermercados, indústrias e atacadistas. Como as ofertas são diversificadas, inclusive com produtos substitutos, os preços dos produtos são pressionados a se manterem baixos. Assim, a organização de associações de produtores é uma alternativa para se tornar um fornecedor com poder de negociação, frente às estratégias de venda, especialmente para a Central de Abastecimento (Ceasa), acesso ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e ao Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Outra vantagem da organização dos produtores é o escalonamento da produção para manter a comercialização programada durante todo o ano, visando à constância de oferta. Além das estratégias de comercialização, as associações favorecem o desenvolvimento de polos de produção regional, incluindo benefícios na cadeia produtiva da logística, beneficiamento e produção de mudas e outros serviços associados.

Compradores poderosos: os compradores forçam a baixa dos preços, incluindo na negociação a qualidade dos produtos e a agregação de serviços. Ao ofertar seus produtos para grandes compradores, como supermercados, atacadistas e indústrias, os produtores se encontram frente à pressão para prática de preços bem abaixo do mercado, mas com garantia de grandes volumes. Dessa forma, é preciso avaliar a atratividade das condições negociadas, isto é, produção em grandes volumes com controle de custos em busca de economia de escala ou produção em volumes menores com valor agregado. Outras exigências requeridas por esse grupo de compradores são os bônus, como frete grátis, devolução de produtos não vendidos, volumes adicionais de brindes a cada volume de compra, prazos e condições de pagamento facilitados, garantia de frequência na reposição etc.

Produtos substitutos: a variedade de tamanho, de cores, de formatos, de texturas, de sabores e de aromas cria uma competição pela diversidade e pela variedade de ofertas que possibilita uma ampla opção para o consumidor. Por outro lado, gera uma ampla variedade de oferta de produtos que podem ser substituídos por outros, o que dificulta a busca de preço mais lucrativos. As diversas hortaliças são classificadas em grupos para fins de comercialização, como as hortaliças-frutos (tomate, quiabo etc.), hortaliças folhosas (alface, repolho), hortaliças com flores e inflorescências (couve-flor, brócolos, alcachofra), hortaliças tuberosas, rizomas e tubérculos (cenoura, rabanete, batata doce, cará, alho e cebola). As estratégias de comercialização incluem principalmente as diversas formas de agregação de valor com ações que incrementam a melhoria na qualidade, as informações nutricionais, a rotulagem do produto e as embalagens diferenciadas, adequadas a cada classe de consumidor. Outros atrativos são os novos nichos de mercado, como a linha de produtos orgânicos, a produção através de sistemas hidropônicos, comercialização de produtos diferenciados como hortaliças baby ou mini, produtos pré ou minimamente processados (higienizados, cortados, descascados, picados, ralados) e produtos industrializados.

8.2 Agregação de valor ao produto

O conceito de valor agregado é definido como percepção de benefícios adquiridos pelo consumidor sobre o produto, a partir de vantagens resultantes, por exemplo, da aparência visual, da diminuição do tempo e de esforço para processamento ou pelo acondicionamento do produto em embalagens práticas.

Não se pode esquecer a importância das embalagens tanto para proteção do produto como diferencial de atratividade. A eficiência das embalagens, protegendo adequadamente o produto (transporte para outras localidades mais distantes) e reduzindo perdas, é essencial na agregação de valor.

O perfil dos consumidores de hortaliças apresenta novas tendências no Brasil. Apesar do crescimento econômico brasileiro ser modesto neste século frente a outros países, as mudanças nos padrões de comportamento e nas exigências dos consumidores são evidentes. São os casos das modificações na renda familiar, o aumento da escolaridade, a busca de melhor qualidade de vida etc.

É comprovado que a renda interfere quantitativa e qualitativamente na demanda por alimentos, inclusive levando à tendência de seleção qualitativa do consumo, incluindo fontes selecionadas de proteína, nutrientes e boas práticas de manuseio. O aumento nos níveis de escolaridade também influencia o consumo, pela facilidade de acesso a informações sobre os produtos. Nesse contexto, a internet tem um papel de destaque, pois é um ambiente aberto para disseminações, discussões e trocas de informações e experiências de consumo.

A tendência no consumo de alimentos segmentado em diferentes categorias, conforme os níveis de renda, de idade e de escolaridade, podem ser agrupados nas seguintes categorias: sensorialidade e prazer; saudabilidade e bem-estar; conveniência e praticidade; confiabilidade e qualidade; sustentabilidade e ética.

'Sensorialidade e prazer' significa que o alimento tenha sabor e seja atraente sob o ponto de vista visual, textura e sabores. Trata-se da valorização das artes culinárias e das experiências gastronômicas, com destaque para produtos com maior valor agregado (gourmet, iguarias, *premium*) e culinária de pratos típicos de regiões (produtos étnicos como alemã, italiana, japonesa, portuguesa etc.), que apresentem prazer, embalagens e *design* diferenciados. O perfil desse nicho de cliente é o estilo de consumo mais impulsivo na hora de se alimentar, sem sentimento de culpa, priorizando o prazer do sabor ao invés do alimento mais saudável prescrito em uma dieta nutricional.

'Saudabilidade e bem-estar' representam uma categoria decorrente da busca do bem-estar social, focalizando aspectos relacionados ao envelhecimento da população, às dietas balanceadas que surgiram a partir das descobertas científicas que vinculam determinadas doenças à vida sedentária. Nesta categoria, destaca-se a demanda por alimentos que influenciem a qualidade de vida mais saudável, como os alimentos funcionais de baixa calorias e os produtos naturais relacionados a dietas para emagrecimento, melhoria no desempenho físico e mental e para a saúde em geral.

'Conveniência e praticidade' têm o foco no perfil de consumidores urbanos que convivem em uma rotina mais agitada, com horários de compromissos apertados, trabalham em tempo integral e dispõem de poucos momentos para cuidar da casa, dos filhos e da alimentação da família. Neste estilo de vida, a estratégia de comercialização de hortaliças é desenvolver produtos que atraiam esse nicho, pratos e produtos prontos e semiprontos, hortaliças minimamente processadas (higienizadas, cortadas, descascadas), de fácil preparo, embalagens de fácil abertura, fechamento e descarte após consumo, produtos adaptados a micro-ondas, em pequenas porções, embalagens de consumo individual e que possam ser consumidos durante o trânsito ou em diferentes lugares e situações e serviços de entrega rápida e programada, como os *delivery*.

‘Confiabilidade e qualidade’ levam em conta a valorização da confiança depositada pelo cliente nos aspectos de higiene e de limpeza do produto, a garantia de estar adquirindo produtos sem resíduo ou com práticas de manejo aceitáveis e procedência conhecida. São situações que criam a ‘fidelização’, formado por consumidores que se dispõem a pagar preços superiores pela garantia e pela certeza de qualidade e de procedência. Nesse nicho, a estratégia está em chamar a atenção por meio de produtos com rastreabilidade, garantindo sua origem, boas práticas no processamento, suprimento, garantia de qualidade e segurança, rotulagem informativa.

‘Sustentabilidade e ética’ são um segmento de mercado identificado com consumidores que valorizam o engajamento em prol social, meio ambiente sustentável e que buscam alimentos que resultem em algum benefício para o corpo. A estratégia de comercialização nesse nicho é a valorização de selos de qualidade, de certificação, de reconhecimento social e demais informações que atestem a origem dos alimentos. São consumidores que buscam a qualidade de vida individual e também da sociedade em que convivem, que valorizam nas embalagens os benefícios dos produtos ao desempenho físico, mental, cardiovascular, gastrointestinal, diabetes, colesterol, alergias etc. Também valorizam informações sobre conteúdo de ingredientes naturais, valor nutritivo, cultivo orgânico.

Existem, portanto, diversas formas de agregar valor às hortaliças, tendo em vista as exigências dos consumidores, entre as quais se destacam a inclusão da rotulagem (informações sobre procedência, classificação, conformidade na produção, confiabilidade na qualidade, prazos de validade, data da colheita, *design* da embalagem, valor nutricional etc.), além de informações sobre serviços aos clientes, incluindo desde a facilidade de fazer pedido de aquisição, compra pela internet, organização de informações quanto às alternativas de uso do produto (sopa, temperos, molhos etc.). Outra estratégia de agregação de valor decorre da tradição do ponto de venda que inclui credibilidade, atendimento com qualidade, condições, formas facilitadas de pagamento, ofertas de cortesia e oferta de produtos diferenciados (orgânico, hidropônico, sem agrotóxicos etc.).

Em grandes cidades onde é possível explorar nichos de clientes, existe a opção dos produtores em investir em especialidades e em produtos diferenciados para nichos de mercado específicos e de alto valor agregado, visando atender novos consumidores de grandes centros urbanos. Esse nicho é formado por consumidores exigentes, o que requer produção em harmonia com o ambiente, cuidado rigoroso na qualidade (higiene, limpeza, pureza etc.), embalagem e acondicionamento para produtos diferentes, em pequenos lotes, e logística de distribuição ágil para suprimento no momento certo.

A classificação em função da qualidade, da aparência, da ausência de defeitos, entre outros atributos, possibilita maior valor agregado e melhor lucratividade. Produtos selecionados de melhor qualidade são interessantes para atender nichos de mercado que permitem lucros maiores. Por outro lado, nos varejos populares, a classificação não é relevante, pois, nestes locais, os consumidores buscam menores preços.

8.3 Importância da embalagem na comercialização

O objetivo principal da embalagem é proteger o produto; pois, durante todo processo de comercialização, sofrem os efeitos do manuseio, no transporte e no empilhamento. Assim, além de melhorar a segurança dos produtos, embalagens têm sido utilizadas como estratégia para agregar valor, uma vez que os produtos adequadamente embalados podem ser apresentados com design diferenciado e identificados com a conveniência, estética, identidade da marca, qualidade, sustentabilidade e segurança.

Além da conveniência no transporte, as embalagens atuam sobre o produto, aumentando a vida útil, a segurança e servindo como atrativo comercial.

Avanços tecnológicos recentes no desenvolvimento de embalagens possibilitaram incrementar as funções da embalagem, além de proteção, é possível a interação com o produto e até mesmo de identificar e indicar mudanças no ambiente interno ou no seu conteúdo, como é o caso das embalagens ativas ou inteligentes.

Dentre as embalagens ativas, as mais estudadas são as de atmosfera modificada. É fato que a atmosfera dentro da embalagem com produto acondicionado sofre mudanças gradualmente com o decorrer do tempo devido ao metabolismo do produto e à permeabilidade da embalagem. Com isso, a relação entre a taxa de respiração do produto e a taxa de permeabilidade a gases da embalagem modifica a atmosfera ao redor do produto, até atingir um estado de equilíbrio. A embalagem em atmosfera modificada é um método que implica redução nos volumes de oxigênio e aumento de dióxido de carbono no interior da embalagem.

Os objetivos das embalagens com atmosfera modificada consistem em estender o prazo de vida útil sob a perspectiva da qualidade e retardar o surgimento das alterações indesejáveis que afetam as características sensoriais, nutritivas e microbiológicas nos produtos. A modificação da atmosfera no interior da embalagem pode ser conseguida mediante mecanismos ativos ou passivos. A atmosfera modificada ativa será estabelecida por um vácuo parcial no interior da embalagem e, em seguida, a injeção de uma mistura gasosa, sendo a atmosfera de equilíbrio determinada também pela interação entre o produto, embalagem e ambiente. A modificação ativa envolve duas técnicas: gás *flushing* e vácuo compensado. Na atmosfera modificada passiva, o produto é acondicionado nas embalagens, e a atmosfera em seu interior é modificada pela própria respiração do produto, em função da permeabilidade da embalagem e da temperatura.

Outros estudos acerca das embalagens tratam de um sistema que monitora as condições do produto, fornecendo informações sobre a qualidade durante o transporte, o armazenamento ou a comercialização. Esse sistema é denominado de embalagens inteligentes, que possibilita comunicar dados sobre o estado de conservação, monitorar e indicar o frescor e a qualidade do produto. As embalagens com nanotecnologia possibilitam o uso de biopolímeros que podem emitir aromas, absorver ou controlar umidade, indicar temperatura e possuir biossensores.

Como exemplos de avanços nos estudos sobre a importância e a utilidade das embalagens, destacam-se o desenvolvimento de embalagens que protegem e facilitam o consumo em trânsito ou com produtos fracionados, embalagens que fornecem acesso às informações e rastreabilidade em braile, QR Code e data matrix, embalagens com compartimentos distintos de diferentes produtos, embalagens que atestam a procedência geográfica de sua produção e a composição química dos materiais, embalagens anatômicas, que se adequam a diferentes tipos de produtos, embalagens com absorvedores de etileno e embalagens antimicrobianas.

Sob o ponto de vista da sustentabilidade, as embalagens precisam levar em consideração as mudanças no comportamento do consumidor, consciente e preocupado com o meio ambiente.

As embalagens, portanto, representam muito mais do que a percepção tradicional dos saquinhos de papel ou de plástico, bandejas de plástico ou isopor, caixas de madeira ou de plástico. No processo de comercialização, as alternativas de agregação de valor possibilitam incrementar diferentes formas de diferenciar o produto e obter melhores lucros, seja pela perspectiva de sustentabilidade ou de tecnologias aplicadas na proteção do produto.

8.4 Canais de comercialização

Canais de comercialização são formas de organização, distribuição, logística e vendas que se formam e em que se praticam as transações comerciais.

CANAIS DE COMERCIALIZAÇÃO PARA HORTALIÇAS

PRODUTOR	FEIRA LIVRE VENDA A DOMICÍLIO			CONSUMIDOR
PRODUTOR	VAREJO FRUTARIA, QUITANDA, MERCEARIA SUPERMERCADO RESTAURANTES COZINHA INDUSTRIAL			CONSUMIDOR
PRODUTOR	ATACADISTA CEASA REDES DE SUPERMERCADO		VAREJO	CONSUMIDOR
PRODUTOR	AGENTES ASSOCIAÇÃO BENEFICIADOR	ATACADISTAS	VAREJO	CONSUMIDOR

Figura 7 - Canais de comercialização para hortaliças.
Fonte: Os autores.

Conhecer os canais consiste em identificar os clientes-alvo e criar estratégias de atuação, ações de marketing, formações de parceria com distribuidores, visando à redução de custos e à melhoria da lucratividade. Várias organizações se envolvem em diferentes fases dos canais.

Cada canal conta com particularidades próprias, como preferência em quantidades, qualidade, abastecimento, preço, margem, agregação de valor etc. A partir dessa definição, busca-se o contato com possíveis compradores, definindo o volume ou a quantidade que deverá ser entregue, as exigências de qualidade (embalagem, tamanho do produto, coloração, classificação etc.), a frequência de entrega nos pontos de venda (diária ou semanal) e as formas de abastecimento nos locais de vendas (gôndolas e freezers).

O mercado pode ser classificado em três categorias: atacadista, varejista e institucional.

Mercado atacadista caracteriza-se por trabalhar com grandes volumes e, portanto, por manter estoques que precisam estar integrados ao processo logístico no elo entre produtores e varejistas. Esses mercados são apresentados da seguinte forma:

Centrais de Abastecimento (CEASA): é um centro ou entreposto onde produtores, atacadistas e representantes das empresas buscam produtos que serão vendidos no comércio. É uma referência nacional na comercialização.

Operadores Independentes: são os intermediários que atuam atendendo empresas, como restaurantes industriais ou pequenas empresas do varejo localizados em municípios distantes do produtor. Em geral, esses operadores possuem fornecedores de diversas regiões e já dispõem de clientes assíduos, como os atacadistas regionais e os varejistas.

Produtores Expedidores: são associações de produtores e distribuidores organizados em regiões ou em municípios, que comercializam seus produtos em conjunto, aumentando o poder de negociação, obtendo melhores preços.

Vendas por meio de Associações de Produtores: é um modelo de organização criado sob forma de estatuto em que os produtores associados buscam atenuar dificuldades com práticas solidárias de compras de insumos e comercialização, aumentando o poder de negociação com indústrias ou atacadistas.

Redes de Comercialização: são centrais criadas para fazer as articulações e as conexões com produtores, clientes, fornecedores, prestadores de serviços que atuam no setor. A gestão da rede envolve compartilhamento de interesses comuns, sempre buscando novas conexões. É o caso da rede de comercialização via *web* que reúne, em um único espaço, produtores, vendedores e compradores. É uma alternativa ágil e dinâmica, em que o produtor têm a oportunidade de expor seus produtos a um mercado muito amplo, sem a necessidade de buscar ou prospectar fisicamente os clientes.

Mercados Varejistas: são formados por canais como feiras livres, feiras do produtor, mercearias, frutarias, sacolões, mercados municipais e redes de supermercados. Nesse canal de vendas, é essencial conhecer e gerenciar os compostos de marketing que são formados pelo sortimento ou variedade de produtos ofertados, preços, promoções de vendas, apresentação ou aparência do produto, localização do ponto de vendas e serviços de suporte, incluindo qualidade no atendimento.

Em cada canal, existem nichos específicos que propiciam oportunidades de maior lucratividade. Para vender nesse nicho de mercado, é preciso entender algumas características, como oferta de serviços de suporte (incluindo a capacidade de entrega com rapidez), qualidade no atendimento, rapidez no *check out* nos pontos de vendas, apresentação do produto, especialmente o *design* da embalagem, com aparência bonita e impactante, para proteger o produto e poder orientar a escolha do cliente, possibilitando gerar preços acima da média, com maiores lucros. Uma embalagem com *design* diferenciado estabelece um processo de comunicação com o perfil do consumidor, especialmente seus hábitos e atitudes em relação ao produto.

Outras ações gerenciais do varejo incluem a necessidade de manter estoques em quantidades suficiente para não perder vendas nem gerar sobras, a oferta de opções de recebimento da venda (dinheiro, cheque pré-datado, cartão de crédito).

Sob o ponto de vista de marketing, são essenciais, no varejo, as promoções de vendas durante os dias da semana, como a prática de preços comuns para diversos produtos, a flexibilidade dos preços diários também é uma prática aplicada para hortaliças como tomate, pimentão, pepino, que apresentam boa aparência quando pouco manuseados. Outros benefícios esperados no varejo referem-se à localização do ponto de vendas e às comodidades no entorno, que também são diferenciais nas estratégias de vendas no varejo. Fatores como acesso viário, segurança, estacionamento precisam ser devidamente avaliados para atrair o cliente.

As feiras do produtor ou feiras livres representam a primeira e importante forma de acesso à comercialização que podem ser praticadas diretamente pelo produtor com contato direto com o cliente. Assim, é importante conhecer o perfil dos consumidores que compram habitualmente em feiras, como as relações informais para negociar preços, alternativas de comprar em espaços alternativos e de escolher e pesquisar a qualidade e os preços em várias bancas.

Os consumidores que compram em varejistas como frutarias, mercadinhos ou supermercados têm uma relação indireta com os produtores e apresentam características comuns, como a comodidade quanto ao local, ao dia e ao horário, aproveitar promoções e opção pelo autosserviço.

Além das empresas atacadistas e varejistas, existem outros nichos formados por cozinhas industriais de grandes empresas, rede de restaurantes e de hotéis e lanchonetes.

Mercados Institucionais: são programas do governo criados como incentivo para inclusão dos pequenos produtores no mercado. Trata-se de um processo de inserção ao mercado, com a qualificação para o acesso a outros canais de comercialização. São os casos de Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Programa de Alimentação Escolar cujos gestores são as Prefeituras e a Secretaria da Educação, Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) e Programa de Restaurante Popular.

8.5 Apuração do resultado da comercialização

Um dos desafios do produtor é a função como gestor, para administrar e para interagir com diversos agentes, como clientes, fornecedores, prestadores de serviços, que geram as ações de compras, vendas, contratação, pagamentos, investimentos, financiamentos etc.

As hortaliças são culturas temporárias nas quais estão inseridas aquelas que possuem um ciclo de cultivo de curto prazo em que se realiza uma única safra de colheita. O processo de produção de cada cultivo requer intervenção em várias etapas, com mão de obra e insumos, que devem ser seguidas para garantir a produtividade e a qualidade do produto colhido.

A comercialização é complexa e dinâmica e envolve diversas atividades especializadas, como:

Função comercial – refere-se à negociação de compras e vendas de acordo com a localização dos clientes e dos fornecedores, à disponibilidade da oferta do produto e à formação do estoque, o que negociar (prazo de recebimento, bonificação, condições de entrega, embalagem etc.). O controle de vendas possibilita identificar as espécies de produtos que estão sendo vendidos em cada entrega por dia, semana e clientes mais rentáveis. O produtor que comercializa em diversos canais de vendas atende diferentes categorias de clientes. Outro benefício do controle de vendas é a análise da performance para conhecer a receita com o cultivo e, assim, analisar o comportamento das vendas, as variações devido à sazonalidade, o prazo médio de vendas e as condições financeiras para compras diversas.

Função logística – refere-se aos meios de transporte mais adequados para entrega dos produtos, conforme volume, horário e local da entrega, formas de acondicionamento e embalagem. Abastecimento dos pontos de vendas de supermercados ou frutarias requerem estratégias diferentes de abastecimento daquelas adotadas para entrega ao consumidor final ou aos depósitos de empresas atacadistas.

Função financeira – refere-se às condições e à forma de recebimento das vendas, ao controle do caixa, ao controle dos custos, à análise do investimento e à lucratividade. Os controles sobre as movimentações financeiras demonstram o fluxo de caixa e a performance da situação financeira com a produção e a comercialização.

A comercialização deve gerar a rentabilidade, a lucratividade necessárias para manter a atratividade da atividade e a viabilidade econômica do cultivo de hortaliças.

A demonstração do resultado da comercialização é um método contábil que possibilita identificar o lucro ou o prejuízo com a produção. Um método de apuração do resultado é denominado de método direto, que indica informações como a margem de contribuição e o lucro. Esse método é útil por indicar o resultado denominado de margem de contribuição por venda de espécies de produtos, categoria de produtos selecionados ou mesmo um lote de canteiros, produção de uma casa de vegetação (estufa) ou ainda um lote de produção, como área produzida e colhida em um ciclo de tomates, pepinos etc.

A margem de contribuição representa o resultado obtido deduzindo os eventuais descontos concedidos aos clientes, os impostos e os custos da produção. Essa informação é importante por indicar quais cultivos colhidos e vendidos geraram lucros.

Tabela 5 - Modelo de demonstração de resultado a partir do método direto

	Tomate	Melão	Pepino	Pimentão	Outros	SOMA
Vendas						
(-) Desconto de negociação						
(-) Impostos						
= Vendas líquida						
(-) Custo diretos da produção						
(-) Comissão sobre vendas						
(-) Outras despesas diretas da venda						
= Margem de contribuição						
(-) Despesas fixas da produção						

(-) Custos e despesas fixas da propriedade						
= Resultado (lucro ou prejuízo)						

Fonte: Os autores.

Importante destacar que existem outros métodos para apurar o resultado, como o método de custeio por absorção e o método de custeio por atividade. Tais métodos, entretanto, requerem sistemas de controles financeiros mais detalhados, os quais envolvem técnicas de rateio dos custos fixos que podem confundir o resultado apurado.

9 Referências

ANGELO, C. F.; NIELSEN, F. A. G.; FOUTO, M. D. **Manual de varejo no Brasil**. São Paulo: Saint Paul, 2012.

BARROS, J. C. da S. M.; GOES, A. de; MINAM, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 363-368, 1994.

BOLLE, A. F.; PRUSSIA, S. E. Sorting for defects. In: FLORKOWSKI, W. J. et al. (Org.). **Postharvest handling**: a systems approach. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2014. p. 341-362.

BRASIL. Decreto nº 3.847, de 25 de junho de 2001. Altera alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI incidente sobre os produtos que menciona. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 jun. 2001.

BRASIL. Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000. Institui a classificação de produtos vegetais, subprodutos e resíduos de valor econômico, e dá outras providências. Dipsonível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=84864>. Acesso em: 01 nov. 2018.

______. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 fev. de 2018. n. 28, p. 148-149.

______. Instrução normativa conjunta nº 2, de 8 de fevereiro de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 fev. 2018.

______. Portaria n° 553, de 15 de setembro de 1995. Característica de identidade, qualidade, acondicionamento, embalagem e apresentação do tomate destinado ao consumo *in natura*. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 set. 1995.

CALBO, A. G.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Respiração de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. (Comunicado técnico, 46).

CARVALHO, A. D. F. ET al. **A cultura do pepino**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. (Circular técnica, 113).

CEAGESP-Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Classificação**. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/entrepostos/servicos/produtos/classificacao/>. Acesso em: 01 fev. 2018.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. amp. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

CNA-Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Mapeamento e qualificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil**. Brasília, DF, 2017.

CORONADO, O. **Controladoria no atacado e varejo**. São Paulo: Atlas, 2001.

FERREIRA, M. D. **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.

______. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

______. **Tecnologias pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011.

FIESP- Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Outlook Fiesp 2025**: projeções para o agronegócio brasileiro. São Paulo, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

GUIMARÃES, M. A. **Produção de melancia**. Viçosa: UFV, 2013.

______; JUNQUEIRA, M. S.; SOUZA, E. G. Colheita, transporte e conservação pós-colheita. In: GUIMARÃES, M. A. (Org.). **Produção de melancia**. Viçosa: UFV, 2013. cap. 15, p. 123-129.

HANASHIRO, M. M.; PILON, L. Colheita, pós-colheita e comercialização. In: CLEMENTE, F. M. V. T. **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 4, p. 89-102.

HENZ, G. P.; MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M. **Manuseio pós-colheita de berinjela**. Brasília, DF: Embrapa. 2006. (Circular técnica, 46).

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. California: UCDavis, 3rd ed. 2011.

______; ROLLE, R. S. **The role of post-harvest management in assuring the quality and safety horticultural crops**. Rome: FAO, 2004. (Agricultural services bulletin, 152).

KITINOJAL, L. THOMPSON, J. F. Pre-cooling systems for small-scale producers. **Stewart Postharvest Review**, California,v. 2, no. 2. p. 1-14, 2010.

LANA, M. M. **Fisiologia e manuseio pós-colheita de pimentão**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

LIMA, L. P. de. **Matérias-primas agropecuárias**. Viçosa: UFV, 2018.

LUENGO, R. F. A. Colheita, pós-colheita e comercialização. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). **Abóboras e morangas**: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2017. cap.11, p. 190-203.

______ et al. **Pós-colheita de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. (Coleção saber, n. 6).

MADI, L.; COSTA, A. C. P.; REGO, R. A. **Brasil Foods trends 2020**. São Paulo: FIESP, 2010.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007.

MOTA W. F. et al. Armazenamento de frutos de quiabo embalados com filme de PVC em condição ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 255-258, 2006.

NICK, C.; BORÉM, A. **Pimentão**: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2016.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015.

PARENTE, J. **Varejo no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2000.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

SERRENTINO, A. **Varejo e Brasil**. São Paulo: Atual, 2016.

SESI- Serviço Social da Indústria. Departamento Nacional. **Perspectivas para o século XXI**: tendências socioeconômicas e científico-tecnológicas. Brasília, DF, 2008. v. 7.

THOMPSON, A. K. **Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables**. 2nd ed. Wallingford: CABI, 2010.

TOIVONEN, P. M. A.; MITCHAM, E. J.; TERRY, L. A. Postharvest care and the treatment of fruits and vegetables. In: DIXON, G. R.; ALDOUS, D. E. (Org.). **Horticulture**: plants for people and places. Dordrecht: Springer, 2014. v. 1, chapter 13, p. 465-483.

USDA-United States Department of Agriculture. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. Beltsville: Agricultural Research Service. (Agriculture handbook, n. 66). 2016.

VIGNEAULT, C. et al. Transportation of fresh horticultural produce. In: KADER, A. **Postharvest technologies for horticultural crops**. Kerala: Research Signpost, 2009. v. 2, chapter 1, p. 1-24.

ZAWANEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, A. F. **Como produzir morangos**. Curitiba: UFPR, 2014.

Ademir Massahiro Moribe

Mestrado em Ciências Contábeis e Atuariais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil (1997), Professor Auxiliar da Universidade Estadual de Maringá , Brasil

Altair Bertonha

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de viçosa (1977), mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1980) e doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo (1997). Professor associado C da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Irrigação e aplicação de águas residuais. Diretor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá.

Ana Cláudia Buzanini

Doutoranda no programa de pós graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, na área de concentração de proteção de plantas. Graduada em agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, Mestre em Agronomia na área de concentração de proteção de plantas pelo Programa de Pós-graduação em, Agronomia (PGA), pertencente a Universidade Estadual de Maringá.

Antonio Saraiva Muniz

Possui graduação em Agronomia pela Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista(1978), mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa(1983) e doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz(1996). Atualmente é PROFESSOR Associado C da Universidade Estadual de Maringá, Membro do Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas, Diretor Financeiro do Instituto de Tecnologia Agropecuária de Maringá, Revisor de periódico da Acta Scientiarum (UEM), Revisor de periódico da Revista Brasileira de Ciência do Solo (Online) e Revisor de periódico da Revista Caatinga (UFERSA. Impresso). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo.

Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira

Claudio Marcelo Gonçalves de Oliveira é Eng. Agrônomo formado pela ESALQ/USP em 1993, mestre em ciências pela mesma universidade em 1996 e concluiu o doutorado no ScottishCropResearchInstitute - Universityof Dundee, Dundee, Escócia, em 2004. Desde 1997 é Pesquisador Científico do Instituto Biológico, no laboratório de nematologia, em Campinas, SP. Instituto Biológico, Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo, Centro Experimental do Instituto Biológico.

Cassia Inês Lourenzi Franco Rosa

Possui graduação (2003), mestrado (2007) e doutorado (2011) em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá. Atuou como docente na Universidade Estadual do Centro-Oeste no período de 2010 a 2015. Atualmente é professora adjunta da Universidade Estadual de Maringá desde outubro de 2015. Tem experiência na área de Agronomia, em Pós

Colheita de Frutos e Hortaliças com ênfase em fisiologia pós-colheita, perdas, conservação e armazenamento.

Décio Sperandio

Possui graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (1974), mestrado em Matemática Aplicada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1981) e doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2005). Atualmente é professor associado c da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Matemática, atuando principalmente nos seguintes temas: potencial osmótico, glycine max (l.) merril, sementes, estresse hídrico e secagem. Reitor da Universidade Estadual de Maringá de 1990/1994 e 2006/2010. Assessor de Planejamento do Ensino Superior do Paraná da Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia do Ensino Superior de 2011/2014

Denis Fernando Biffe

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Horticultura e Fitossanidade. Professor adjunto nesta mesma instituição, atuando nas áreas de matologia, Horticultura e Fruticultura.

Edvar de Sousa da Silva

Atualmente é Professor das Disciplinas de Fisiologia Vegetal, Fundamentos da Ciência do Solo e Metodologia Científica no Instituto Federal do Acre - IFAC. Líder do Grupo de Pesquisa e Extensão Agropecuária Sustentável. Coordenador de Pesquisa, Inovação e Extensão do Campus Sena Madureira - IFAC (1° semestre/2014). Diretor de Pesquisa e Pró-reitor de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação Substituto do IFAC entre julho de 2014 e fevereiro de 2017. Técnico Agrícola pela EAFA (IFTO) - Araguatins (2003). Licenciado em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2007). Mestre e Doutor em Agronomia - Horticultura pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (2010 e 2013). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Horticultura, atuando principalmente nos seguintes temas: Enxertia de hortaliças, Tomateiro, Pimenteiro, Brocolis Ramoso, Produção Orgânica de Alface, Cultivo em Ambiente Protegido, Ralstonia solanacearum, Didymella bryoniae e Cultura da Mandioca. Tem também experiência em Gestão de Pessoas, Pesquisa, Inovação e Pós-graduação.

Eros Molina Occhiena

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras(1983). Atualmente é Consultor de Desenvolvimento de Mercado da Arysta Lifescience do Brasil. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitossanidade.

Humberto Silva Santos

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá(1982), mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras(1986) e doutorado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras(1995). Atualmente é Professor associado-C da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia. Atuando principalmente nos seguintes temas:Alface, MELOYDOGINE JAVANICA, cultivo protegido.

Jamil Constantin

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Estadual de Maringá (1985), mestrado em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1993) e doutorado em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1996). Atualmente é professor associado nível c da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Matologia, atuando principalmente nos seguintes temas: herbicidas, soja,milho, algodão, cana-de-açucar, ILP, plantas daninhas, controle e seletividade.

Jesus Guerino Töfoli

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2002) e Doutorado em Agronomia pela Universidade de São Paulo (2011). Atualmente é Pesquisador Científico VI, estatutário da APTA, Instituto Biológico - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. Tem experiência na área de Fitopatologia, com ênfase em doenças fúngicas em oleráceas (batata, tomate, alface entre outras) frutíferas (oliva, videira e frutas de caroço) e plantas ornamentais. Atua diretamente nos temas: Doenças fúngicas, fungicidas, ativadores de planta, resistência de fungos a fungicidas e manejo integrado de doenças. Atua como Editor Cientifico na revista Horticultura Brasileira e faz parte do Comitê Científico da Revista O Biológico. Editor do livro: Cultura da batata: Pragas e Doenças.(2017).

João Danilo Barbieri

Doutorando em Agronomia pela UEM - Universidade Estadual de Maringá - PR, com linha de pesquisa em solos e nutrição de plantas, Mestre em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola pela UNEMAT. Graduação em agronomia na Universidade do Estado de Mato grosso-UNEMAT campus Tangará da Serra e Graduação em Administração com enfase em Marketing pela Universidade de Cuiabá - UNIC. Experiência em Agroclimatologia, Água no sistema solo-planta-atmosfera, modelagem agrometeorológica, geoprocessamento e sensoriamento remoto.

José Maria Matias de Moura

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Estadual de Maringá (2016). atualmente mestrando em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia na área de olericultura.

José Usan Torres Brandão Filho

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (1986), mestrado em Agronomia (Horticultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1991) e doutorado em Agronomia (Horticultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2001). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fisiologia de Plantas Cultivadas, atuando principalmente nos seguintes temas: cultivo protegido, curcubitáceas, didymela brioniae, solanum melongena e hortaliças.

Juliana Magrinelli Osório Rosa

Graduou-se em Engenharia Agronômica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2003)/Faculdade de Ciências Agrononômicas-Botucatu,SP, onde também cursou o mestrado e doutorado (Proteção de Plantas) em Nematologia Agrícola. Realizou o

pós doutoramento no Instituto Biológico, Lab. de Nematologia, Campinas, SP no período de 2011 a 2014. Foi bolsista do Consórcio Pesquisa Café/Embrapa Café no período de maio/2017 a novembro/2017. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Nematologia Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: Nematoides fitoparasitos, uso de nematoides entomopatogênicos no controle de pragas agrícolas e estudos moleculares de nematoides entomopatogênicos e fitoparasitos. Instituto Biológico, Centro Experimental Central.

Lilian Yukari Yamamoto

Possui graduação (2007), Mestrado (2011) e Doutorado (2014) em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina. Tem experiência na área de Fitotecnia, com ênfase em fruticultura, atuando principalmente nos seguintes temas: propagação de plantas frutíferas e viticultura. Atualmente atua como professora colaboradora na área de horticultura, na Universidade Centro Oeste do Paraná (Unicentro). Ministra aula de Sistemática de Plantas Cultivadas, Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, Fruticultura de clima temperado e tropical, Floricultura e Paisagismo.

Luís Otávio Saggion Beriam

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (1982), mestrado em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade de São Paulo (1986) e doutorado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Estadual de Campinas (1998). Atualmente é Pesquisador Científico VI do Instituto Biológico . Tem experiência na área de Fitopatologia, com ênfase em Fitobacteriologia, atuando principalmente nas seguintes áreas: identificação e classificação de fitobactérias, desenvolvendo pesquisas em diversas áreas de Fitobacteriologia, principalmente a serologia e a eletroforese de proteínas aplicadas à identificação de fitobactérias. É professor do curso de pós- graduação do Instituto Biológico, na área de Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio desde 2006. Afastado no período de março de 2007 a outubro de 2012, prestando serviços de assessoria na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios- APTA, da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo. Reassimiu o cargo de Pesquisador Científico no Laboratório de Bacteriologia Vegetal do Instituto Biológico, Centro Experimental de Campinas, desde outubro de 2012.

Kátia Regiane Brunelli Braga

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (1997), mestrado e doutorado em Fitopatologia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (2000 e 2004, respectivamente) . Atualmente é Pesquisadora fitopatologista da empresa Sakata Seed Sudamenrica Ltda. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitossanidade, atuando principalmente nos seguintes temas: resistência de plantas a patógenos, marcadores moleculares, doenças do milho e hortaliças. SakataSeedSudamerica.

Marcelo Agenor Pavan

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1978), mestrado em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade Federal de Viçosa (1985) e doutorado em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade de São Paulo (1992). Atualmente é Professor Titular, disciplina Fitopatologia Geral, da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitopatologia (Virologia Vegetal), atuando principalmente nos seguintes temas: alface, pimentão, fitopatologia, resistência e viroses.

Marcelo Augusto Batista

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2001) , mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2004) , doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2009). Atualmente é Professor adjunto da Universidade Estadual de Maringá. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2001), Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2004), Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá com período colaborativo na Ohio State University Conselheiro: Jerry Marshal Bigham) (2009). Atualmente é Professor Associado da Universidade Estadual de Maringá. Possui experiência no campo da Agronomia, com ênfase na química do solo e na fertilidade, trabalhando principalmente nos seguintes tópicos: síntese e caracterização de nanomateriais, uso de fertilizantes organominerais, eficiência da adubação potássica, fosfatada e nitrogenada e uso de calcário e gesso em solo tropicais.

Max José de Araújo Faria Junior

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal (1987); mestrado e doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), respectivamente em 1994 e 1997, pela mesma Instituição de Ensino, e Livre-Docência (Construções e Instalações Rurais) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira, em 2001. É docente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) desde novembro de 1989. Trabalhou no Câmpus de Ilha Solteira até janeiro de 2008, onde exerceu as funções de coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por dois mandatos, de 11/1998 a 11/2002, e de chefe do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, de 7/2003 a 7/2005. Desde fevereiro de 2008, está lotado no Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal da Faculdade de Medicina Veterinária/UNESP - Campus de Araçatuba, na função de Professor Adjunto III, a partir 11/2011. Foi Coordenador do Curso de Especialização em "Gestão de Sistemas de Produção Animal", de 02/2011 a 02/2012, e Vice-Diretor, entre 08/2011 e 08/2015. Atualmente, é Diretor da Faculdade de Medicina Veterinária, com mandato para o período de 08/2015 a 08/2019. Desenvolve trabalhos nas áreas de Produção Animal, Ambiência e Conforto Térmico Animal e de Economia Rural e Administração Rural.

Michel Esper Neto

Engenheiro Agrônomo e Mestre pela Universidade Estadual de Maringá -UEM, entre os períodos de 2010-2014 e 2015-2017, respectivamente. Desenvolve trabalhos de pesquisa nas áreas de Fertilidade e Química dos Solos junto ao Grupo de Estudos de Solos GESSO-UEM, desde 2012. Atualmente é aluno de doutorado do programa de pós graduação em agronomia PGA/UEM na área de solos e nutrição de plantas.Suas pesquisas envolvem principalmente: alterações químicas do solo após a aplicação de adubos e corretivos e nutrição mineral de soja e milho.

Monika Fecury Moura

Experiência na área da Fitopatologia e Genética. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2006); Mestrado (2009) e Doutorado (2013), ambos com trabalhos defendidos na linha da Virologia Vegetal, obtendo os títulos em Agronomia - Proteção de Plantas, pela Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" na Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu. Doutorado com período sanduíche no Institut National de la Recherche Agronomique, INRA-Bordeaux, França, trabalhando com análise por microscopia confocal de proteínas do LMV-Potyvirus. Bolsista de pós-doutorado na Embrapa Amazônia Oriental atuando na área de genética molecular de plantas (2013-2014).

Possui MBA em Agronegócios na USP-ESALQ (2017) com a monografia defendida na área da virologia. Atualmente é professora credenciada na PG-Proteção de Plantas da UNESP-FCA (Botucatu) nas disciplinas de Diagnose de Doenças de Plantas e Virologia Vegetal, sendo também bolsista FAPESP de Pós-doutorado no Laboratório de Virologia Vegetal nesta mesma Instituição, com período sanduíche no USDA-Salinas-CA na área de transmissão de vírus.

Osnil Alves Camargo Junior

Possui graduação em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado (2001), mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Lavras (2004), doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Lavras (2008) e pós-doutorado na mesma instituição em fitotecnia (Olericultura). Tem experiência na área de Agronomia (Olericultura, plantas medicinais, cultura do feijoeiro e cultura da oliveira), com ênfase em Fitotecnia, Genética, Melhoramento de Plantas e Biotecnologia. Atualmente é professor adjunto C da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná-UNICENTRO.

Paulo Sérgio Lourenço de Freitas

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1986), mestrado em Engenharia Agrícola (1989) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2000). Atualmente é professor asociado da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com enfase em aplicação de águas residuárias. É bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq.

Renato de Souza Braga

Graduação em agronomia pela Universidade Federal de Lavras e Mestrado, Genética de Plantas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Atua na Sakata Seed Corporation.

Renate Krause Sakate

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1995) e doutorado-sanduíche em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade Federal de Viçosa (2001) e Institut National de la Recherche Agronomique, INRA-Bordeaux, França. Atualmente é Livre Docente em Virologia Vegetal na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas-Botucatu. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitopatologia/Virologia, atuando principalmente nos seguintes temas: viroses de hortaliças, vírus transmitidos por mosca-branca (Bemisia tabaci) e técnicas moleculares de caracterização e detecção de fitopatógenos. Presidente da Comissão Interna de Biossegurança da FCA desde outubro de 2012. Vice-Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Proteção de Plantas desde Janeiro 2013. Presidente da Comissão Permanente de Pesquisa da FCA/Unesp (2014-2015).Vice-chefe do Departamento Proteção Vegetal (gestão 2015-2016).

Ricardo Gioria

Possui graduação em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Industrial(1992), graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade de São Paulo(1997), mestrado em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade de São Paulo(1999) e doutorado em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade de São Paulo(2003). Atualmente é PESQUISADOR da SAKATA SEED SUDAMERICA LTDA, Revisor de periódico da Summa Phytopathologica, Revisor de periódico da Scientia Agrícola (USP. Impresso), Revisor de periódico da Horticultura

Brasileira (Impresso) e Revisor de periódico da Fitopatologia Brasileira (Impresso) (Cessou em 2007. Cont. ISSN 1982-5676 T. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitossanidade.

Rerison Catarino da Hora

Rerison Catarino Da Hora concluiu o mestrado pela unesp campus de ilha solteira em 2003 e o doutorado em agronomia - horticultura pela unesp campus de botucatu em 2006. Atua como professor adjunto na universidade estadual de maringá - campus de umuarama, na disciplina de fruticultura e olericultura. em suas atividades profissionais interagiu com 12 colaboradores em co-autorias de trabalhos cientificos. Em seu curriculo lattes os termos mais frequentes na contextualizacao da producao cientifica sao: filmes plasticos, ambiente protegido, lycopersicon esculentum, espacamento de plantas, irradiacao de mudas, poda apical, adubacao, cobertura do solo e cucumis melo l.

Rivanildo Dallacort

Atualmente atua como Professor do Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - PPGASP; Professor do Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos; Coordenador do Centro de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicado a Produção de Biodiesel - CETEGEO, UNEMAT, Campus Universitário de Tangará da Serra Professor Adjunto no Departamento de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Tangará da Serra. Atua no INEP/MEC como avaliador de cursos de graduação e de instituições de educação superior; Atuante na área de Engenharia Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: Agrometeorologia, Solos, Irrigação, Recursos hídricos, Meio Ambiente, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Acesse: docente.unemat.br/rivanildo.

Robinson Luiz Contiero

Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (1990), com mestrado em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1995) e doutorado em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1997). Formado em Gastronomia e Alta Cozinha pelo Instituto Gastronômico das Américas (2016). Graduando em Gastronomia pela UNICESUMAR. Foi professor associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no período de 1996 a 2007. Atualmente é professor associado C da Universidade Estadual de Maringá, atuando na área de Horticultura e Fitossanidade. Avaliador Institucional e de Cursos junto ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP/MEC.

Rubem Silvério de Oliveira Junior

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (1990), mestre em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela UFV (1992) e Doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela UFV (1998), após estágio de bolsa-sandwich na University of Minnesota. No período de 2010-2011 também foi Professor Visitante na University of Minnesota-USDA/ARS. Foi vice-coordenador e coordenador do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA) da UEM (nota 6 CAPES). Atualmente é Professor Associado C do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, onde é um dos coordenadores do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas (NAPD/UEM). Atua em disciplinas de graduação e pós-graduação relacionadas à Biologia e Manejo de Plantas Daninhas e ao Controle Químico de Plantas Daninhas. Orienta atualmente oito alunos de pós-graduação e dois bolsistas de Iniciação Científica e co-orienta diversos outros. Já foi membro do Comitê de Resistência da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD), coordenador do Comitê de Herbicidas no Ambiente SBCPD

e membro do Comitê Assessor Assessor da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAADCT/PR) na área de Ciências Agrárias. Atualmente, os principais interesses de pesquisa estão relacionados ao comportamento de herbicidas em solos tropicais e ao desenvolvimento de alternativas de manejo de espécies de plantas daninhas resistentes a herbicidas (com ênfase em buva, capim-amargoso e caruru). Nas últimas três gestões, tem servido como membro da diretoria da SBCP.

Rumy Goto

Formada em Engenharia Agronômica pela Universidade de São Paulo (ESALQ) em 1976, possui Mestrado em Agronomia (Horticultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FCA) em 1983 e Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FCAV) em 1993. Foi Pesquisadora (responsável pela área de Olericultura) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado da Bahia - EPABA, atual EBDA de 1977 a 1988. Foi Professora Adjunta da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia de 1986 a 1989. Atualmente é Professora Adjunta da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, em RDIDP. Foi presidente da Sociedade de Olericultura do Brasil (SOB), atual Associação Brasileira de Horticultura(ABH) na gestão 1999-2005. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia/ Produção de Hortaliças, atuando principalmente nos seguintes temas: Cultivo Protegido, Manejo Cultural, Enxertia em Hortaliças e Nutrição Mineral versus Doenças. Na área administrativa, foi Chefe e Vice-chefe do Departamento de Horticultura e Vice-coordenadora (1996-1998; 2002-2004) e Coordenadora (2004-2007) do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Horticultura. No Curso de Agronomia é responsável pelas disciplinas de Cultivo em Ambiente Protegido das Plantas Hortícolas e Olericultura (optativa) e Horticultura Geral (graduação) e Olericultura Avançada, Hortaliças Folhas e Flores e Seminários (pós-graduação). De agosto de 2008 a agosto de 2009 realizou o \Pos Doutorado no Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias (IVIA) em Valencia/Espanha, com ênfase em Fisiologia da Enxertia em Hortaliças.

Shalene Silva Santos

Com graduação completa em 2011 pela Universidade Estadual de Maringá, no curso de Agronomia, atua como pesquisadora no Instituto de Tecnologia Agropecuária de Maringá. Atualmente é mestranda no programa de Pós Graduação em Biotecnologia Ambiental, desenvolvendo pesquisa na área de bioprospecção de microrganismos endofíticos com ênfase no controle biológico de plantas. Tem experiência no setor agrícola, com destaque para a área de fitotecnia, principalmente em frutas e hortaliças. Palavras chaves: Agronomia, horticultura, fitotecnia,biotecnologia.

Tadeu Takeyoshi Inoue

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (1998), mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2001) e doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (2004). Atualmente é professor associado da Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Nutrição Mineral de Plantas, atuando principalmente nos seguintes temas: fitotecnia, agronomia, nutrição de plantas, fertilidade do solo e extensão rural.

Tiago Luan Hachman

Possui graduação em Engenharia Agronomica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2012), mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2015). Atualmente é doutorando em Agronomia na Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência

na área de Fitotecnia, com ênfase em horticultura, atuando principalmente nos seguintes temas: fisiologia de hortaliças, irrigação de hortaliças, biofortalecimento agronômico e hidroponia.

Valdenir Catapan

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá(2007).